

**THE BOOK WAS
DRENCHED**

UNIVERSAL
LIBRARY

OU_191092

UNIVERSAL
LIBRARY

بيان الخطأ والصواب من الجزء الاول من كتاب كشف رموز السر المصون
في تطبيق الهندسة على الفنون

خطا	صواب	صحيفة	سطر
خواصا	خواص	٦	٢٣
المقاس	المقيس	١١	٥
(شكل ٢٧)	(شكل ٢)	١١	٢٥
وحبل	او حبل	١٦	١٩
د٥	د٥	٢٠	
ث	وث	٢٤	١
لَا نَ	الآن	٢٨	٢١
مستقيم	مستقيم	٣٠	١٢
وقل اختلاف	واقل اختلاف	٣١	٨
م ا ب د ن	م ا ب ث د ن	٣٦	٧
ودح	ودح	٤١	٢
م د ح	م د ح	٤١	٤
م د ح	م د ح	٤١	٦
ور	ور	٤٢	٣
نقطة ح	نقطة ح	٤٢	٢٣
٥٥٧٦	٥١٧٦	٥٠	١٢
موضوعين	موضوعا	٧٥	٢٢
كنكلا	كنكلا	٨١	٥
الى ب ث د	الى ر ث د	٨١	٢٢
ام	ام	٨٧	١٥
كان م ر	كان د ر	٨٨	١٦
ينهما التناسب	ينهما التناسب	٩٠	٢١

خطا	صواب	صحيفة	سطر
مثلث ا ب ث	مثلث ا ب ث	٩٢	١١
هـ ب ث	هـ ب ث	٩٦	٢١
س ض ا ب	س ض ا ب	١٠٢	١
ص د	ص د	١٠٢	١٨
ل م ن ف	ل م ن و	١٠٣	١٨
(شكل ٢٨)	(شكل ٨)	١٠٦	٥
ن ح خ	ن ح خ م	١١٧	٩
ن و	ث و	١١٨	٢١
ج د	خ د	١٢٠	٢
ح د	خ د	١٢٠	٦
القطاع الخشب	لقطاع الخشب	١٢٨	٥
وس	وش	١٣٥	٢٢
بناء ذلك	بناء ذلك	١٣٦	٨
المجسمتين	المجسمتان	١٤٠	١٠
٢	١	١٤١	١٣
م ن ح خ	م ن ح خ	١٤٣	٨
ث	ث	١٤٥	٨
وتصغر	وتصغر	١٤٨	٢٤
ح خ د ص	ح خ د ص	١٥٤	٢٣
(شكل ١٧)	(شكل ١٨)	١٥٨	٢
(شكل ١٥)	(شكل ١٩)	١٥٨	١١
المسمى اوالياف	المسمى بالشبكة		
العين المشبكة	اوالياف العين		
بالشبكة	المشبكة	١٦٨	٣

خطا	صواب	صحيفه	سطر
ان الخيط	ان الخيط	١٩٢	١١
و٢٥	و٢٥	١٩٦	١٣
(شكل ٩)	(شكل ٦)	٢٠١	٤
٣٠٠	٣٠	٢٢٥	٦
والخار بور	والخار بور	٢٢٨	٢
د ف	د ق	٢٤٣	٥
المتطرفة	المتطرفة	٢٤٧	١٠
دائرة ابثد	دائرة ابث	٢٦١	٢٤

هـ _____ ذا

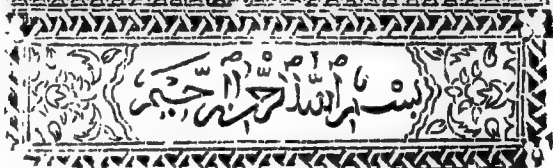
الجزء الاول من كتاب كشف رموز السر

المصون * في تطبيق الهندسة

على الفنون * تعريب

عيسوى افندى

زهران



الحمد لله الذي امتد علمه بسائر الاشياء كل الامتداد * وتفرغ عن ان يحصره
اقطار وجهات وابعاد * احكم ما صنع * ووضعه على امتن اساس * واتقن
ما ابتدع * لا على مثال ولا قياس * وغدت الافكار تهم في دوائر ملكوته
فلم تدرك له غاية * ولم تقف له عند حد ولا نهاية * والصلاة والسلام على من
براهين فصاحته قاطعه * ودلائل بلاغته قامعه * من كرم محيط المآثر
والمفاخر * منبع علوم الاوائل والاواخر * سيدنا محمد الذي خلق على احسن
الاشكال * الجوهر الفرد الذي حل بالآيات البينات كل اشكال *
وعلى آله واصحابه الذين اقاموا عماد الدين * على سطح مستو على الاستقامة
متين * ثم الدعاء لحضرة فخر امر آه الزمان * وصدر اهل التمدن والعمران *

مجدّد ببيان العلوم والفنون بعصرنا * بعد ان درست آثارها بعصرنا *
 رب المناخر التي شهد بفضلها الخاص والعام * والمآثر التي تسمو على الثريا
 وتناخر الغمام * خلد الله حكومته الهية * وبلغه كل القصد والامنية *
 ولا زال باقيا عدله المنشور * الى يوم البعث والنشور * وبعد فيقول مترجو
 هذا الكتاب لما كانت مدرسة الاسنه * حاضرة من كل فن احسنه *
 وكما من انتظم في سلك تلامذتها شمرنا عن ساعد الجد والاجتهاد * وبذلنا كل
 الجهد في تحصيل المراد * وعثرنا على ذلك مهمة ناظر تلك المدرسة التي سلكت
 بحسن ادارته * وفرط عنايته * منهج التقدم والنجاح * وسارت سير البدر
 في غسق الدجاء الى ظهور الصباح * حيث افرغ وسعه في التعليم * وسلك
 طريق التزهم والتنهيم * كيف لا وقد جمع بين مرتبتي المعقول والمنقول *
 وحاز فضايقي الفروع والاصول * حضرة رفعة افندي * حفظه المعيد
 المبدى * فبعد ان تحققت الآمال * وجوزيت الاعمال * وكما من زمرة
 رجال قلم الترجمة * الذي يأبى الله الا ان ينشر علمه * ترجمنا من الفرنسية
 الى العربية باصر من تغت بمده الورق على الايك * مدير ديوان عموم
 المدارس ادهم بيك * الناظر بالمحاسن العلمية والعمالية * المستوى على
 المعارف السككية والجزئية * في العلوم الرياضية وغير الرياضية * كتاب في تطبيق
 الهندسة والميكانيكة على الحرف والصناعات والفنون المستغرفة تحت رئاسة
 رب الذكاء الرائق * والنهم الفائق * من ذاق الاقران * في حومة الميدان *
 وبرع في الشئون الهندسية * ومهر في العلوم الرياضية * حضرة محمديوي
 افندي * وبصمجه لما يخص الهندسة مع ملاحظة واطلاع حضرة الافندي
 ناظر المدرسة والقلم المذكور المشار اليه فناء يسوي زهران افندي ترجم الجزء
 الاول والسيد صالح افندي الجزء الثاني ومحمد افندي الحلواني الجزء الثالث ولما
 تمها التمام * وابص طراز الختام * وسمناء بكشف رموز السر المصون * في تطبيق
 الهندسة على الفنون * بفاء بحمد الله مرتب المعاني * مهذب المباني * يشهد
 لا يام ولي النعم بانها غر في وجوه الايام * شهادة صدق لا يعترها نقض

ولا ابرام * وبالجملة فصاحب السعادة لا تنكر همته * ولا تبارى في تقويم
اود الملائك رغبته * فهو جدير بما قاله فيه * الا قدى مترجم الجزء الثاني المشار
اليه * نظيرنا لاسمه من بعض ما يجب لدولته عليه * مع تلقيبه بقطب
دائرة الوجود * رب الاحسان والجلود

قد طاف بي طيف الخيال السارى * ودنا الوصال وفزت بالاورار
طققت بي الاحشاء من فرط الجوى * تنقاد نحو طوالح الاقار
بشرى لقلب فاز منها بالنسا * وسعت اليه بجيشها الجرار
دعنى عذولى لا تلنى في الهوى * واترك ملأى في الغرام ودار
أأنت من شرع الهوى برسالة * في العذل تعذل صبوتى وتعالى
يكفيك ما قد حل بي من هجره * فسواى في حب الملاح عمارى
رام السلوة لمن احب عواذلى * والقلب لا يثقل في تذكار
تاهت عقول ذوى الهوى في حسنه * وسقام فى الحب كاس عقار
ان لم يجد لى بالوصل فانى * باق على عهدى بلا انكار
لا انفى للغير عند صدوده * كلا ولا اصبول ذات سوار
والله ما اسلو هواه وان سلا * وصبا دلا لامنه للاغيار
جار العذول واننى جار على * حاكم الهبة بعد بعد الجار
والدمع سال ومهيجى نلت على * من حسنه يجلود بى الامصار
دل السقام على الغرام ولوعتى * من بعد ما قد اخفيت اسرارى
ريم برى الاحشا بسيف لحاظه * كالداورى بسيفه البتار
بيت المكارم قطب دائرة الملا * عين الوجود ومركز الاختيار
ان سل فى الهيباء عضبا صارما * باء العدا بمذلة وصغار
لله در اميرنا من فارس * فى الحرب يبرى خصمه ييوار
اضحت به مصر عروس زمانها * ومن القنار دثرت بد نار
حوت الكمال وفاقت الامصار اذ * بهزرها افتقرت على الاقطار
سر الورى من فى الوغى قطع العدا * ولكم برى من فارس جبار

افديه من بطل اعدا لمصرنا * شمس المعارف في علو نغار
 نشرت تواريج الافاضل فضله * فبذكره بنجاب كل غبار
 وله من الاشبال فجعل ناجب * يخشاه كل غضنفر كرار
 الهمازم الاعداء ابراهيم من * فتحت له ابواب كل حصار
 لم لا يفوق الكل وهو اخو العلاء * نور الزمان وصفوة الابرار
 جلت مناقبه عن الاحصاء اذ * سارت مفاخره بكل ديار
 واختص بالنصر الذي بهر العدا * تختاره عن كل عار طاري
 دانت رقاب محالقيه لامره * ورون علاه شواهد الانار
 مازال في الاقبال طول حياته * وعدوه مازال في اديار
 حاز الفخار طريفة وتليده * وسواه في كسب المفاخر طاري
 ملاء القلوب مهابة فكأنه * عند التحام الحرب ليث ضاري
 دلت ما ثره على عز ماته * أفي سواه يكون للاخطار
 عباسهم بالجود ديسم والندا * فجر الامجد كامل المقدار
 ليث اذا عظم التزال غضنفر * اخضت دماء عداه كالانهار
 يفتثر نقر الدهر عن احسانه * ومديحه يجلو قذى الابصار
 بسعيدهم سعد الزمان واهله * والبر فاض وعم كل بحار
 اما حسين فانه يجني من المستعلم ووضا يانع الازهار
 شرف الزمان به ومن عبد الحليم غدا رفيعا طيب الاخبار
 اصكرم بهم من قتيبة حازوا العلاء * ايسوغ اقطع عنهم اشعارى
 وهذا اوان التعريب * يعون القريب الجريب

الجزء الاول

(تطبيق الهندسة والميكانيكة على الحرف والصناعات والفنون المستخرجة)

(الدرس الاول)

في الخط المستقيم والزوايا والخطوط العمودية والمائلة

علم الهندسة يبحث فيه عن قياس الامتداد وتقسيمه بنسبه

والامتداد هو الابعاد الثلاثة التي هي الطول والعرض والعمق

وتكون هذه الابعاد الثلاثة في جميع الاجسام التي تحتوى عليها الطبيعة

وفي سائر الاجسام التي تعمل بواسطة الصناعة وهي موجودة كذلك في كل

مسافة فارغة او مشغولة بجسم ما

سطح الجسم يتركب من جميع النقط التي تفصل هذا الفراغ المشغول بهذا

الجسم مما يلي من الفراغ المذكور

وبناء على ذلك يكون بالضرورة للسطح المذكور طول وعرض ودون عمق حيث

ان النقط الداخلة في سمك الجسم ليست جزءا من سطحه

ويطلق الخط على النقط المتتابعة الفاصلة لجزئى سطح جسم ما ومنه الخط

الهندسى وهو ما اشتمل على الطول ودون العمق والعرض ويحتوى الفراغ الذى

يشغله جسم ما في وقت معلوم على جميع ابعاد هذا الجسم ويمكن تصور ذلك

تصوراتنا ما عند قول بته في قالب ونزعه منه

وبذلك يتصور الانسان المسافة المشغولة بهذا الجسم بمجرد النظر الى ذلك

القالب مثلا اذا رأينا علبه فارغة محتوية على جزء من الفراغ فالتسايعرف

ان صورة هذا الجزء الفراغى هي في الحقيقة الصورة الداخلية للعلبة

فعلى ذلك تكون الخواص الهندسية المنسوبة لابعاد الجسم منسوبة ايضا

لابعاد هذا الفراغ المشغول بهذا الجسم ومثل ذلك خواص سطوح

الاجسام تكون خواص الجزء الفراغ المشغول بهذا السطح في وقت معلوم

فلذلك كان المهندس المشتغل بالهندسة العلمية لا يعتبر جسما من الاجسام

بخصوصه ولا سطحا من السطوح بخصوصه ليتوصل الى معرفة النسب

الموجودة في ابعاد هذا الجسم وسطحه وانما يتصور في الفراغ جزء الجسم
 وسطحه لان هذين الشكليين يكفيان في الدلالة عليه ولوان في مثل هذا بعض
 صعوبة الا انه يميز العقل ويقوى التفكير وينشأ عنه فوائد عظيمة لمعرفة
 الهندسة العملية والعملية وبناء عليه ينبغي ان تعود التلامذة على ذلك شيئاً
 فشيئاً وان يبين لهم الاختلاف اللازم الموجود بين الاجسام على اعتبار
 المهندس العلمي والمهندس العملي ولا مانع من ان تتصور في الهندسة اجساماً
 متداخلة في بعضها بحيث انها تشغل كلها وبعضها جزءاً من الفراغ في آن واحد
 وذلك غير ممكن في الهندسة العملية وبالجملة فلا يمكن ان الاجزاء المادية للجسمين
 تشغل معاً مسافة واحدة ولو ظهر وقوع ذلك لقسم منه ان اجزاء احد
 الجسمين المادية تدخل في فراغ الاخر مثال ذلك ادخال الماء في السفينة
 وسياً في لنا كون هذه المحووظات لازمة لقسم حركة الاكوات وتتأجها
 فاذا فرض ان الجسم يتقص شيئاً فشيئاً من ابعاده الثلاثة التي هي الطول
 والعرض والعمق فانه يقرب شيئاً فشيئاً من النهاية الوهمية وهي النقطة
 الهندسية التي باعتبارها يقول كل بعد من هذه الابعاد الى صفر
 وفي الفنون يطلق اسم النقطة غالباً على اجزاء السطح او الجسم اللذين ليس لهما
 سوى الابعاد الصغيرة جداً كنقط الكتابة ونقط الخطوط النقطية في الرسوم
 الهندسية وغيرها بالحبر والقلم الرصاص ونقط الحسكاكة او في غرزة الخياط
 وهم جرا

والتقطة ايضا تتصور من نهاية الاشياء المحددة كالتقاش حيث ان هذه النهاية
 لا يملك لها محسوس ومن الضروري تعود التلامذة على معرفة اعتبارات
 النقطة بطرق متنوعة في الهندسة المحضة وتطبيقاتها

ولاجل سهولة علم الهندسة تتكلم اولاً على الخطوط ثم على السطوح ثم على
 الاجسام التي تسمى مجوماً بالنظر للفراغ الذي تشغله وصلبة اذا كان لها
 اشكال يمكنها البقاء عليها بنفسها اعني ان لا تكون مطروقة في ظروف اوبين
 حواف حائزة مثل النيد في القزاز والماء في مجرى الانهار والبرك والبحار

وغير ذلك

ويفرض في علم الهندسة ان جميع الاجسام صلبة اى بحجمه اوان اشكالها منضبطة التغير داخله تحت قاعدة او حد عند ممارسة المهندس لها واسهل سائر الخطوط واكثرها استعمالا في الفنون هو الخط المستقيم وهو الذى يقطعه الانسان في اقرب زمن عند اتباعه اتجاهها واحدا لانه اقصر بعد بين نقطتين

وكما انه لا يوجد بين نقطتين طريقان مستقيمان كل واحد منهما اقرب بعد من احدى النقطتين المذكورتين الى الاخرى لا يمكن كذلك رسم خطين مستقيمين بين نقطتين معلومتين فحينئذ لو فرض ان خطين مستقيمين اتصال جهاتين النقطتين لا تمدام عاوصارا خطأ واحدا فاذا فرض ان هذين الخطين المستقيمين رسما على جسمين وانطبقا نقطتان من الخط الاول على نقطتين من الخط الثانى فانه عند انطباق هذين الخطين على بعضهما يتحدان معا ويصيران خطا واحدا ونستعمل خاصة هذا الخط المستقيم في الصناعة على حالتين

اولاهما لاجل الوقوف على صحة خط مرسوم بواسطة خط اخر معلوم الاستقامة يكفى انطباق الثانى على الاول في نقطتين وينظر هل يطابقه في جميع نقطه ام لا فاذا لم يطابقه يكون الخط المعلوم غير مستقيم وعلى ذلك يلزم تصحيحه ثانيهما لاجل رسم الخطوط المستقيمة نستعمل لرسمها اجساما لها ضلع او عدة اضلاع مستقيمة كالماطر والقلايات

ولذلك نضع المسطرة او القلابة على السطح الذى ينطبق فيه الخط المستقيم المصنوع بالمسطرة او القلابة انطباقا كليا في جميع نقطه لانه لا يمكن بدون ذلك رسم خط مستقيم على اى سطح كان ثم ترسم بقلم رصاص او منقاش او اى آلة سواء كان طرفها محدد او قاطعا خطا بمن بالمسطرة او القلابة فهذا يصير الخط المرسوم مستقيما

وهذا هو سبب كون قطاع القزازية يقطع على هيئة خط مستقيم بمسطرته وقلمه المنتهى بقطعة من الالماس الواح القزاز المربعة التى يريد وضعها

وينبغي للإنسان إذا أراد رسم خط بين نقطتين مفروضتين أن يضع المسطرة بالتساوي على هاتين النقطتين بحيث تكون قريبة بحسب ما يقتضيه سمك القلم الرصاص أو المنقاش الذي يرسم به ثم يجعل المسطرة ثابتة مدة الرسم بحيث يكون القلم الرصاص أو المنقاش عماسا دائما للمسطرة

وعند ابتداء التلامذة في رسم الأشكال الهندسية يلزمهم الاتباع والزمن لرسموا خطا مستقيما مع غاية التدقيق ويكون ذلك بواسطة القلم الرصاص لأنه يحدث عندهم وقت الرسم بالخبر مصوبة أكثر من الطريقة الأولى حيث أنهم يجعلون للخطوط التي يرسمونها عرضا صغيرا فإذا كان هذا العرض كبيرا نتج منه أخطاء في الرسم وبالجمله فيلزم تمرين هؤلاء التلامذة على كونهم لا يعطون للخطوط التي يرسمونها إلا سمكا ضروريا لتكون مشاهدة

ولنشرح الآن عرض الخطوط الجارية في القنون ونبتدأ أولا بالتكلم على الخط المستقيم كما بدأنا بالكلام على النقطة فنقول

قد عرف المهندسون أن هذا الخط له طول فقط دون عرض وعمق وفي الواقع أن كل الخطوط المستعملة في القنون لها عرض ومن جعلتها الخطوط التي يرسمها المهندسون

ويطلق اسم الخط في الصناعة غالباً على تجويفات أو نقوش ضيقة قليلة الأعماق وكثيرة الطول بحيث تقرب من الخط الذي يتصوره المهندسون كخطوط الاستحكامات الخفيفة التي بها يحيط المحاصرون أو المحاصرون محلا

والخط عند أرباب الكتابة والطباعة القروناساوية يطلق على السطر فهو تسلسل كلمات متجمعة وموضوعة كلها على استقامة واحدة وسمكة يساوي ارتفاع الحروف وهو صغير جداً بالنسبة لطول هذا الخط

وهو عند الحباله حبل قليل السمك بالنسبة لطوله فيلزم جعل هذا الخط أو الحبل من جله آلات الهندسة العملية المستعملة في القنون ويكون للحبل المشدود الطرفين صورة مستقيم بقطع النظر عن ثقله مثلاً إذا كان الحبل المشدود من طرفيه موضوعاً على السطح الذي يراد عليه رسم خط مستقيم

فانه يلون بشئ ابيض او احمر او غير ذلك ثم يشد ويرخي فبارتخائه يرسم على
السطح الخط المستقيم المطلوب

ولننبه الطالب ايضا على خواص الخط المستقيم كما نبهناه على خواص النقطة
بان يميز الخطوط الوهمية الهندسية والخطوط العملية ويرى في احوال كثيرة
ان تقدمات النغون تقرب شيئا فشيئا في عمليات الصناعة من ذلك التصور
الهندسى الذى ينبغى للتلاميذ معرفة طبيعته وخواصه ولكن يلزم ان يعطى
اهم قبل الوصول الى ذلك صورة لسطح الذى يرسم بخط مستقيم وهو السطح
المستوى المسمى ايضا المستوى نقطة قول

اذا وضع في جهة ما خط مستقيم على سطح مستو وكانت نقطتا الخط المستقيم
متحدتين مع المستوى فجميع نقط هذا الخط تكون متحدة ايضا مع السطح
ويستعمل المستوى في الفنون لصناعة الخط المستقيم وكذلك يستعمل الخط
المستقيم لصناعة المستوى وسيظهر ذلك تفصيلا عند ذكر السطوح
خصوصا (راجع الدرس السادس)

واغلب الرسوم الضرورية لفنون والحرف يرسم على مستو مجهز قبل ذلك
وقد يستعمل في الرسوم الصغيرة ورق او عاج وفي الرسوم الخشبية يجهزون
لها غالبا لوحة منسعة كما ان مهندسى السفن يمدون لوحا كبيرا على قدر طول
اسفل المركب وهو المسمى بالارنيك واما الخبازون وقطاع الخشب
فانهم يصنعون رسمهم على سطح مستو واما المهندسون فانهم يرسمون
اشكال انقناطار على سطوح افقية من الخشب ولا يتحققون صحة الرسم
الا اذا كان السطح المستوى صحيح الاستواء بحيث ان الخط المستقيم الموضوع
عليه يتقدمه في جميع نقطه

(بيان اقيسة الطول)

قد يستعمل الخط المستقيم الذى هو اقصر بعد من نقطة الى نقطة ثانية لقياس
المسافة القصيرة المنحصرة بين نقطتين
ويستعمل هذا الخط ايضا لقياس الابعاد الاعتيادية للاجسام وهذه

الطريقة يقيسون أبعاد كتلة خشب أو بيت أو سفينة أو غير ذلك
ولاجل مقابلة هذه الأقيسة المتنوعة ببعضها يلزم أن نأخذ منها واحدا ونجعلها
أحادا قياسا لها ونظركيف يتكرر هذا الأحاد في الشيء المراد قياسه فإذا كان
يتكرر فيه ٢ أو ٣ أو ٤ أو ٥ مع الصحة فلا صعوبة في العماية وليس
كذلك فيما إذا بقي من الخط المقاس جزء يكون أقل من الطول المأخوذ أحادا
لحينئذ يؤخذ هذا الأحاد ويتقسم إلى أجزاء مساوية مثل ١٠ و ١٠٠
و ١٠٠٠ ثم تبحث عما يحتوي عليه الخط المستقيم المعد للقياس من
العشرات والمئين والالوف من أحاد القياس

(بيان المقياس)

المقياس خط مستقيم مثل \overline{AB} شكل (١) موضوع عليه عدة
أحاد القياس وتقسيات هذه الأحاد وقد تفيدنا الهندسة العلمية طريقة
استعمال هذه المقاييس ورسمها بغاية الضبط وهي من العمليات المهمة
في أشغال الصناعة التي ينتج منها النجاح لضبط القياس (راجع الدرس
الخامس)

ومن الضروري لأرباب الفنون أن يكونوا محترسين على خط مستقيم منقسم
على حسب القياس المقبول عند كافة الناس كالأقيسة القديمة مثل القدم
والهنداسة والجديدة كالتر المتجزء على مسطرة

وقد تشتري الصناعات غالبا آلات وما ليس غير مضبوطة لتقسيم وقريبة
الخلل فمن يجنس مراعاة للوفر الذي في غير محله من المآخذ للصناعات
أن يشتروا ما المقاييس والآلات العظيمة المضبوطة من كل جنس لأن
القوائد التي تعود على أشغالهم من حسن الآلات تعوض عنهم المصروف
الذي بذلوه في ثمنها وسفتكهم في كثير من المواضع على حقيقة ذلك

ويجب علينا بعد اعتبار الخط المستقيم منفردا أن نعتبر عدة خطوط مستقيمة
بالنظر لا ونأخذها فنقول

إذا فرضنا أن مستقيم \overline{AB} (شكل ٢٧) يدور حول نقطة Γ

الثابتة يأخذ على التوالي اوضاع ا ث اد اه الخ ففي هذه الحركة يبعد الخط المذکور شيئاً من وضعه الاصلی وهو ا ب س ويسمون بالزاوية انقراج ب ا ث او ب ا د او ب ا ه من خط الى آخر نقطة ا التي يمتد منها خطا ا ب و ا ث نسمي راس الزاوية وخطا ا ب و ا ث هما ضلعا الزاوية ويسمون في بعض الاوقات الزاوية الواقعة بين ضلعي ا ب و ا ث زاوية ا فقط وفي الغالب يقولون بزاوية ب ا ث بشرط ان يكون حرف ا الذي هو راس الزاوية بين حرفي ب و ث الموجودين في ضلعيها وحين يدور خط ا ث (شكل ٢) حول راس ا يصل الى وضع ا م المقابل لخط ا ب فاذا استمر على الدوران فانه يقرب من ا ب من الجهة المنعكسة الى ان يعود ثانياً على ا ب بعد ان يدور دورة كاملة ومن المعلوم ان مستقيم ا س دار في وضع ا م نصف دورته من ا ب وبالجملة اذا اتفق الجزء الاعلى من شكل ب ا م على جزئه الاسفل فان الاول ينطبق على الثاني انطباقاً كلياً وفي الحركات العسكرية بعد اصطفاف العساكر اعني وضعها على خط مستقيم وتوجهها الى جهة فيحتاج في الغالب اتجاهاها الى الجهة المقابلة للاولى فحين يصدر النداء بعمل نصف دورة الى الجهة اليمنى ففي وقتها يدور كل واحد من العساكر على احد كعبيه المشار اليه بحرف ا (شكل ٣) ولكيلا يحصل خلل في هذه الحركة يضع العسكري القدام الاخر المعبر عنه بحرف ب خلف الاول (شكل ٤) ويدور حينئذ على كعبيه دورة كاملة ويكمل كل واحد من هذين القدامين نصف دورة (شكل ٥) ويصير القدام الذي كان جهة الخلف الى جهة الامام ويصير على الصف الاول (شكل ٦) فاذا دار العسكرى ثانياً نصف دورة فانه يجرد نفسه في اتجاهاه

الاصلي وتكمل دورته حيثئذ

واذا اعتبرنا الزاويتين الحاصلتين من مستقيمي $\overline{ا\theta}$ و $\overline{د\alpha}$ كما في (شكل ٧) وجدنا احدهما وهي $\overline{ب\alpha}$ صغيرة والثانية وهي $\overline{ث\alpha}$ كبيرة ومجموعهما يساوي نصف دورة من دوران خط $\overline{ا\theta}$ من ابتداء $\overline{اب}$ الى $\overline{اد}$ واذن تكون زاوية $\overline{ب\alpha}$ هي التي تنقص من زاوية $\overline{د\alpha}$ لتكون نصف دورة كاملة وكذلك زاوية $\overline{د\alpha}$ هي الناقصة من زاوية $\overline{ب\alpha}$ لتعده نصف دورة كاملة فلذا يقال ان زاوية $\overline{ب\alpha}$ هي المتممة لزاوية $\overline{د\alpha}$ وكذلك زاوية $\overline{د\alpha}$ هي المتممة لزاوية $\overline{ب\alpha}$

واذا فرضنا ان زاوية $\overline{ب\alpha}$ تزيد لكون خط $\overline{ا\theta}$ يبعد عن خط $\overline{اب}$ فان زاوية $\overline{د\alpha}$ المتممة تنقص ويأتى وقت تزداد فيه زاوية $\overline{ب\alpha}$ وتنقص فيه زاوية $\overline{د\alpha}$ الكبيرة حتى يصير الزاويتان متساويتين (شكل ٨) وكل من هاتين الزاويتين المتساويتين تسمى زاوية قائمة فاذن تكون الزاوية القائمة نصف دورة من الدوران الكامل اعني ربع دورة ثم ان زاوية $\overline{ب\alpha}$ القائمة او $\overline{د\alpha}$ (شكل ٨) اربع الدورات هي الزاوية التي يحتاج الي احدها اوقاياسها في جميع الاوقات لاجراء جولة عظيمة من اشغال الفنون

ويستعملون غالبا في الحركات العسكرية ربع الدورة الذي يسمى ربع قلبة ومتى لزم انقلاب البلوك المصطف على اتجاه $\overline{اب}$ (شكل ٨) من هذا الوضع الى وضع $\overline{ا\theta}$ العمودي فانه يدور ويتقلب حول نقطة α ويحدث دورة واقلا باما حتى يرجع الى وضعه الاول اذا دار دائما الى جهة واحدة

ولا يحدث الأربع دورة لكي يصل الى الوضع الاول العمودى ويحددون جهة هذه الحركة بان يأمر وبالذوران الى الجهة اليمنى واليسرى

واذا فرضنا حيث نضع خطين آخرين مستقيمين كخطى م و ن و ول (شكل ٩) و (١٠) اللذين وجدلهم اوضع ول حيث ان زاويتي ن و ول و م و ول متساويتان اقول ان هاتين الزاويتين بصيران مساويتين للزاويتين الاولىين وهما ب و ا و ث و ا (شكل ٨) اللتان اطلق عليهما فيما سبق اسم الزاويتين القاعدتين

ولبيان ذلك نضع مستقيما د و ا و ب (شكل ٨) على خط م و ن (شكل ٩) بحيث يتحددان في جميع قطعهما كاتحاد الخطين المستقيمين وتقع نقطة ا على نقطة و فيثبت ينبغي ان ضلع ا يقع بالجهة والضبط على ضلع ول واذا قدرنا لخط ا و ب (شكل ٩) وضعنا آخر وكان واقعا على يسار ول فن المعلوم ان زاويتي ث و ا و ب

و ا و ب اكونهما متساويتين لا يمكن ان تكون زاوية م و ول الزائدة بزاوية ش و ول عن الاولى وزاوية ن و ول الناقصة عن الثانية بنفس زاوية ب و ول متساويتين بخلاف ما اذا وقع خط ا و ب (شكل ١٠) على يمين ول فان زاويتي ب و ا و ث و ا حيث انها متساويتان فلا يمكن ان تكون زاوية م و ول التى هي اصغر من زاوية د و ا و ب مساوية لزاوية م و ول التى هي اكبر من زاوية ب و ا فبنا على ذلك لا يمكن وقوع خط ا و ب على يمين ول ولا على يساره

بل يقع بالتدقيق عليه كلية فالزاوية القائمة المتألفة من جهة من مستقي

أ ب د ومن جهة أخرى من مستقي و ل و م ن
المتغيرين تكون كلهما متساوية دائماً

وهذه هي القاعدة الأولى التي ينبغي عليها استعمال المسطرة المثلثية وهذه

المسطرة مركبة من مسطرتين قائمتين مثل أ ب و أ ت (شكل ١١)
الثابتين في نقطة أ بحيث يتركب منهما زاوية قائمة فإذا اردنا ان نرسم من

نقطة و (شكل ١٢) خط و ل بان يجعل بينه وبين خط م و ن

زاويتين قائمتين نضع ضلع أ ت من المسطرة على طول خط و ن بشرط

ان نقطة أ تقرب بقدر الامكان من نقطة و ثم نرمم مستقيم و ل
بالطرق الاعتيادية فيكون هو الخط المطلوب

فإذا استعمل ارباب الصنائع مسطرة غير كاملة الضبط فان جميع عملياتهم
تكون عرضة للخلل فبناء على ذلك يجب عليهم غاية الاهتمام بضبط المسطرة
المثلثية التي يستعملونها في اشغالهم وبالجولة فلا شيء اسهل من ذلك

(امتحان صحة المسطرة المثلثية)

لاجل ضبط مسطرة ب أ ت (شكل ١١) نبتدئ بان نرسم مع

الضبط مستقيم م و ن (شكل ١٣) على سطح مستو ثم نضع ضلع

أ ت باقرب ما يكون على طول و ن ونرسم خط و ل على طول

أ ب وبعد ذلك نقلب المسطرة المذكورة ونضعها على ب أ ت مع

وضعنا أ ت على طول و م وننظر ما يكون اتجاه الضلع الثاني وهو أ ب

اولا اذا وقع على خط و ل المرسوم كانت المسطرة مضبوطة ثانيا اذا

لم يقع الضلع الثاني على و ل كانت غير مضبوطة وتكون الزاوية

الناجحة عنها صغيرة جدا ثانيا اذا تجاوز الضلع الثاني خط ول فهي غير مضبوطة ايضا وتكون الزاوية الحادثة منها كبيرة وسرى الطرق التي يمكن ارباب الصنائع استعمالها لضبط المسطرة التي ليست مضبوطة

ثم ان تجارى الترسانة يسهون بالمسطرة المتحركة آلة صورتها س ص ز (شكل ١٤) يسهل بها اخذ قياس جميع الزوايا ونقلها وهذه الآلة مركبة من مسطرتين يدوران على مدار واحد لا يخرجان عنه بحيث يمكن بواسطتها تكوين جميع الزوايا الكبيرة والصغيرة

وقديم في انضمام هاتين المسطرتين لكيلا تدور احدهما على الاخرى من غير ان يحصل لهما بعض احتكاك وان يحفظ موضعهما الاصلى متى امكن فتح الزاوية التي يصنعانها ونقلها مع السهولة ويرى على مقتضى ما ذكرناه يسهل

نقل زاوية ما كزاوية ب ا ث (شكل ١٤) من ابتدا نقطة و

(شكل ١٥) بان يؤخذ ضلع ول من زاوية ل و ن الحديدية

التي يلزم ان تساوى زاوية ب ا ث

وتحمر المسطرة المتحركة بحيث ان ضلعي س ص و ص ز يتبعان

استقامتي ا ب و ا ث (شكل ١٤) ثم تنقل تلك المسطرة

على (شكل ١٥) بشرط ان لا يحصل تغير للزاوية المصنوعة

ونضع س ص على ول فيثبت اذا رسمنا بقلم رصاص او منقاش

وحبل خطا مستقيما مثل خط وم على امتداد ضلع ص ز نصير زاوية

م و ل مساوية لزاوية ب ا ث

(بيان تطبيق الاجسام على بعضها) *

ويجب التنبيه على الطريقة التي نستعملها هنا لتركيب الزوايا ولتحقيق
 تساويها بان نضع المسطرة المثلثية على الاشكال ونضع الاشكال على بعضها
 ونستعمل هذه الطريقة في عدة من عمليات الصناعة وجملة من البراهين
 الهندسية فنقول انه متى وضع شكل على آخر وانطبقا انطبقا كلياً في جميع
 ابعادهما كانا متحدى الصورة والقدر ويكونان متساويين بالكيفية ويحدث
 منهما شكل مساو لشكل آخر على هذا الوجه فلذا يضع الخياطون ونحوهم
 الارانيك على الاقنعة التي يريدون تفصيلها مع غاية الصحة بحسب محيط هذه
 الارانيك التي على هيئة الاشكال اللازم تصورها ووضعها

ومتى حدث من خط $\overline{ا\theta}$ (شكل ١٦) وخط $\overline{د ا ب}$ زاويتان
 قائمتان كزاويتي $\overline{ب ا \theta}$ و $\overline{\theta ا د}$ كان خط $\overline{ا \theta}$ عموداً على
 خط $\overline{د ا ب}$ فبناء على ذلك نزل عمود $\overline{ا \theta}$ على مستقيم $\overline{د ا ب}$
 بوضع ضلع $\overline{ص ز}$ من المسطرة المثلثية التي هي $\overline{س ص ز}$ على
 استقامة $\overline{ا ب}$ ورسم مستقيم $\overline{ا \theta}$ على استقامة ضلع $\overline{س ص}$
 وسنشرح طرفاً لرسم الخطوط العمودية فنقول

انما اذا اتينا شكل ١٧ الى اثنين بشرط ان يكون مستقيم $\overline{ا ب ه}$
 هو فاصل الثني اى الحد المشتركين الاثنين فحيث ان زاويتي $\overline{ا ب ل}$
 و $\overline{ا ب \theta}$ متساويتان نضع مستقيم $\overline{ب \theta}$ على $\overline{ب د}$ فاذن تطبق
 زاوية $\overline{\theta ب ه}$ على زاوية $\overline{د ب ه}$ مع الضبط فتكون هاتان
 الزاويتان الاخيرتان متساويتين كالزاويتين الاوليين وحينئذ متى تقاطع
 خطان مستقيمان وكان من جملة الزوايا المتألفة من تقاطعهما زاوية قائمة فان
 الثلاثة الاخر تكون قائمة كذلك وبناء على ذلك يكون كل من جزئي
 $\overline{ا ب}$ و $\overline{ب ه}$ الذي هو واحد الخطوط المستقيمة عموداً على الآخر

ومن المفيد ان يبرهن انه لا يمكن ان تنزل من نقطة ب (شكل ١٨) الا
 بعمود ب ا على مستقيم د ا ث الفروض
 ولا ثبات ذلك قرض انه يمكن مد عمودى ب ا و ب د من نقطة
ب على قس هذا المستقيم الذى هو د ا ث وتمد ب ا بشرط ان
 يكون خط ا ر مساويا لخط ا ب ثم نصل مستقيم د ر
 ونثنى جزء د ا ث - جميعه على د ا ث بحيث ان زاويتى
ا ث ر و ب ا ث متساويتان فيكون خط ا ر موضوعا على ا ب
 ونقطة ر على نقطة ب ويكون خط د ر موضوعا على د ب
 واذن زاوية ا د ر تكون مساوية لزاوية ا د ب القائمة فيكون
 خط د ر على ذلك جزءا من عمود د ب فينتج من هذا انه يمكن رسم
 خطين مستقيمين مثل ا ب و د ب بين نقطتى ر
 و ب وهذا مستحيل

وبجميع هذه المقدمات مذكورة فى شأن الزوايا القائمة فلنستكلم الان على الزوايا
 المائلة فنقول

اذا تركب من مستقيمي ث د و ث ب (شكل ١٩) زاويتان
 متباينتان تكون احدهما اصغر من قائمة ا ث ه والاخرى اكبر منها
 فالاصغرى تسمى زاوية حادة وتسمى الكبرى زاوية منفرجة
 فمن المعلوم ان هاتين الزاويتين يشغلان المسافة التى حول نقطة ث جهة
 ضلع ا ب كما ان قائمتى ا ث ه و د ث ه يشغلانها فيكون حينئذ
 مجموع حادة ب ث د ومنفرجة ا ث د مساويا لزاويتين قائمتين
 وذلك انك تجد بالمسهولة ان حادة ب ث د تساوى زاوية قائمة ناقص

د ه وان منفرجة ا ث د تساوى زاوية قائمة زائد د ه
فاذن يكون مجموعهما مساويا زاويتين قائمتين

وانفرض الآن اننا نمد خط د ه الى ث ف وتقابل زاويتي

ا ث ف و ب ث ف بالزاويتين الاوليين

فينتج اننا اولا ان زاويتي ا ث د و ب ث د الناتجتين من خط

ث د و خط ا ب المستقيم يساويان زاويتين قائمتين وبناء على ذلك تكون

زاوية ب ث د مساوية لزاويتين قائمتين ناقص ا ث د ثانيا ان

زاوية ا ث د وزاوية ا ث ف الحادتين من خط ا ث

الواقع على خط ا ث ف يساويان زاويتين قائمتين فتكون زاوية

ا ث ف مساوية لزاويتين قائمتين ناقص ا ث د وينتج من ذلك

ايضا ان كلا من زاويتي ب ث د و ا ث ف تكون مساوية

لزاويتين قائمتين ناقص ا ث د ونثبت بمثل ذلك مساواة زاويتي ا ث د

و ب ث ف المتقابلتين في الرأس كالزاويتين الاوليين

وحينئذ اذا تقاطع خطان مستقيمان فانه يحدث منهما اربع زوايا فيكون

اولا مجموع الزاويتين المتجاورتين مساويا لزاويتين قائمتين ثانيا الزوايا

المتقابلة في الرأس متساوية

ويمكن الالتمس المقابلة بين الاعمدة والخطوط المائلة فتقول

اننا اذا وصلنا من نقطة ما كنقطة د (شكل ٢٠) خطا مستقيما مثل

د ه الى مستقيم ا ب وكانت زاويتا ا د ه و د ه ث غير قائمتين

فيكون خط د ه ليس عمودا على خط ا ب بل يكون مائلا عليه وزيادة

على ذلك اذا وصلنا خط د ه عمودا على خط ا ب فان الزاوية الاخيرة

من زوايق $\overline{ا هـ}$ و $\overline{ب هـ}$ المقابلة لخط $\overline{د ث}$ تكون حادة
والاخرى منفرجة

فالان اذا طولنا خط $\overline{د ث}$ الى نقطة $\overline{ز}$ بشرط ان يكون خط $\overline{د ث}$
مساويا لخط $\overline{ث ز}$ ورسمنا ايضا خط $\overline{د هـ}$ المستقيم تم تينا الجزء الاسفل
من الشكل بدويره كلوب على $\overline{ا ب}$ نقط $\overline{ث}$ و يقع على $\overline{د ث}$
ونقطة $\overline{ز}$ تقع على نقطة $\overline{د}$ وحيث ان زوايق $\overline{ب ث د}$ و $\overline{ب ث ز}$
متساويتان فاذن $\overline{د هـ}$ يساوى $\overline{د ز}$ وزيادة على ذلك يكون خط $\overline{د هـ}$
المنكسر اطول من خط $\overline{د ث}$ و المستقيم المرسوم بين طرفي $\overline{د هـ}$
حينئذ يكون نصف $\overline{د هـ}$ الذى هو مائل $\overline{د هـ}$ اطول من نصف
 $\overline{د ث}$ وهو عود $\overline{د ث}$

فهذه هي الخاصية العامة لمستقيم $\overline{د ث}$ (شكل ٢٠) العمودى
على مستقيم آخر مستقيم $\overline{ا ب}$ وهو انه يكون اقصر من كل خط مائل
مرسوم من نقطة $\overline{د}$ وهي نهاية العمود الواقع على هذا المستقيم الذى
هو $\overline{ا ب}$ ولما كان خطا $\overline{د ث}$ و $\overline{د هـ}$ يقيسان الابعاد التى بين
نقطة $\overline{د}$ ومستقيم $\overline{ا ب}$ نشأ عن ذلك انه لاجل الانتقال من نقطة
الى خط مستقيم يكون اقصر بعد هو العمود النازل من هذه النقطة على
ذلك المستقيم

وهذه هي احدى الخواص الشهيرة النافعة لتطبيق اصول الهندسة على
القنون

وكثيرا ما يحتاج الانسان الى البحث عن استخراج المسافات الصغيرة والسطوح
القليلة الامتداد والججوم الصغيرة بشروط معلومة لكن قل ان يسهل عليك
استخراجها وحيث ان مسائل هذا الترتيب يفنى عليها اختصار عمليات

الصناعة وجب علينا ان نشتغل بها كثيرا ونبذل كل الجهد في اظهار سرها
فنعول

لنفرض الآن (شكل ٢١) اننا نرنا خط $\overline{د ب}$ عمودا على $\overline{ا ب}$
فينتج من ذلك ان $\overline{ب ا}$ يساوي $\overline{ب ث}$ فنقول ان الخطين المائلين
النازيين من نقطة $\overline{د}$ الى نقطة $\overline{ا}$ ومن نقطة $\overline{د}$ الى نقطة $\overline{ث}$
يكونان متساويين وذلك اننا اذا نينا جزء $\overline{ب د ث}$ على جزء $\overline{ب د ا}$
واعتبرنا عمود $\overline{ب د}$ لولبا فن حيث ان زاويتي $\overline{ا ب د}$ و $\overline{ث ب د}$
القائمتين متساويتان فان خط $\overline{ب ث}$ يقع على خط $\overline{ب ا}$ وتقع
نقطة $\overline{ث}$ على نقطة $\overline{ا}$ فاذن يكون خط $\overline{د ث}$ مساويا لخط $\overline{د ا}$
وبناء على ذلك كل خطين مائلين على بعد واحد من العمود يكونان
متساويين

*** (علية تصحيح الخطوط العمودية) ***

كان الرسامون والتجارون وقطاعو الخشب وصناعو الارانيك وغيرهم
يستعملون هذه الخاصية بكثرة متى ارادوا امتحان عمودية خط على آخر هل هي
صححة او لا بدون استعمال المسطرة المثلثية فكانوا يقيسون مع الضبط طول
 $\overline{ب ا}$ و $\overline{ب ث}$ المتساويين بالا ابتداء من خط $\overline{ب د}$ الذي
يريدون تحقيق وضعه ثم يقيسون ايضا بمسطرة او باي آلة بعد تقطعي $\overline{ا د}$
وهو طول خط $\overline{ا د}$ المائل ويضعون هذا الطول على خط $\overline{د ث}$
بالانتقال من نقطة $\overline{د}$ فان اطبق بالكلية على نقطة $\overline{ث}$ فان خطي
 $\overline{ا د}$ و $\overline{د ث}$ المائلين يكونان متساويين ويكون $\overline{ب د}$ عمودا على
خط $\overline{ا ب}$

ومتى اريد تحقيق وضع عمودية خط $\overline{ب د}$ على خط $\overline{ا ب}$ فانه لا ينبغي

ان فجعل خط د ا المائل قريبا ك كثيرا من ذلك العمود لانه لو قرب كثيرا من نقطة ب لكان الخلل المحسوس في وضع هذا العمود لا ينشأ عنه خلل الا شئ يسير في طول خط د ر المائل وبصر العمل عرضة للخلل وكذلك يتولد الخلل من وضع الخطوط المائلة بعيدة كثيرا عن العمود وخير الاوضاع ما يقرب من الاوضاع التي تكون فيها خطوط

ا ب و ب ث و ب د متساوية

فبمثل هذه الاحتراسات التي يعمل بها هذا الغرض في كل حالة بخصوصها يمكن ارباب الصنائع ان يعطوا الرسومهم وعماراتهم وآلاتهم درجة الضبط اللازمة للصناعة الكاملة

ولا يمكن البرهنة على ان الخطوط المائلة اطول من الخطوط العمودية وانما يلزم البرهنة الجيدة على ان الخطوط المائلة تكون كثيرة الطول كلما بعدت عن الخط العمودي

وبيان ذلك ان نقول (شكل ٢٢) انه اذا كان خط ود عمودا على خط وب كان اقصر خطي د ث و د ب المائلين هو اقصرهما من العمود لانتسا اذا رسمنا خط ث ك عمودا على د ث نتج بهذا السبب ان د ث اقصر من د ك ومن باب اولي اقصر من د ب

ومتوقف على حقيقة هذه الخاصية في ميكانيكه العمليات الجمة فاذا فرضنا قرب جسم ب (شكل ٢٣) من ا ب العمودي على ب م وفرضنا كذلك ارتباط هذا الجسم بجسمي ب ا و ب ث ثم جذبنا الاول من نقطة ا والثاني من نقطة ث لاجل تنقيص المسافتين الحاصلتين بين هاتين النقطتين والجسم فيلزم ان الجسم يتقدم شيئا قريبا بشرط ان ينشأ عنه عدة خطوط مثل ا ب ثم ا ب و ث ب ثم ث ب الخ الاخذة

في الميل شيئاً فشيئاً وهي التي نصير بهذا السبب قصيرة جداً وبالعكس إذا أردنا
إبعاد جسم ب عن أ فالتساوي يعمل قضباناً غير لينة من الحديد
أو الخشب لتحركه إلى السير من نقطة ث و أ ونضع هذه القضبان
وضعا يزيد في الميل شيئاً فشيئاً وكذلك نجعل لها طولاً كبيراً ما بين نقطتي ب
و أ وبين ب و ث

(الدرس الثاني) *

في الخطوط المتوازية وارتباطها بالخطوط العمودية والمائلة
يكون الخطان المستقيمان متوازيين إذا لم يلاقيا عند امتدادهما من الجهتين
مهما أمكن

فعلى ذلك يمكن أن نرسم من نقطة آ (شكل ١ وشكل ٢) مستقيماً مثل
أ ب الذي إذا امتد من طرفيه لا يلاق خطاً آخر مستقيماً كخط ث د
حينئذ يكون موازياً له وبالجمله لا يمكن أن نجد من نقطة آ الخط واحد
موازي لخط آخر

ولاجل إيجاد خط أ ب يلزم أن نرسم من نقطة أ خط أ ث عموداً
على خط ث د ثم نرسم كذلك أ ب عموداً على أ ث فيصير
حينئذ خط أ ب موازياً لخط ث د وذلك لأنه إذا تلاقى خطا أ ب
و أ ث في نقطة واحدة أمكن تنزيل عمودين من تلك النقطة المفروضة على
خط أ ث المستقيم وهذا غير ممكن (كما في الدرس الأول) *

ولنبرهن الآن على أن كل خط مثل أ ه يقطع ث د فنقول
مهما كانت زاوية ب أ ه صغيرة فانه يجب علينا عند تدوير أ ه
حول نقطة أ لبعده عن أ ب أن نكرر زاوية ب أ ه مراراً
عديدة لكي تملأ المسافة المنحصرة في ربع دور ب أ ث ولكن إذا اخذنا

عدة نقط بقدر ما يمكن مثل $\overline{\text{ث و ث و ث}}$ الخ المتباعدة عن بعضها
بمسافة مساوية لمسافة $\overline{\text{ث ا}}$ ثم اقنا اعدة $\overline{\text{ث و د و د و د}}$
 $\overline{\text{و ث و د}}$ الخ فتقسم هذه الاعددة بعد $\overline{\text{ا ث ث ث}}$ الى
مسافات متوازية مسطحة كسطح $\overline{\text{ا ب ث د}}$ فحينئذ يمكن رسم مسافات
كثيرة العدد بقدر ما يوجد من الزوايا الصغيرة مثل $\overline{\text{ب ا ه}}$ و $\overline{\text{ا ه و}}$ و $\overline{\text{ا ه ا}}$
و $\overline{\text{ا ه ه}}$ الخ في زاوية $\overline{\text{ب ا ث}}$ القائمة فاذن تكون المسافة
المشغولة بمسافة $\overline{\text{ب ا ث د}}$ الخ اصغر من المسافة المنحصرة في زاوية
 $\overline{\text{ب ا ه}}$ ولو بلغت هذه الزاوية في الصغر ما بلغت وبهذا السبب يقطع خط $\overline{\text{ا ه}}$
المستقيم المتدحط $\overline{\text{ث د}}$ وبدون ذلك يلزم ان تكون مسافة $\overline{\text{ب ا ه}}$
التي هي جزء من $\overline{\text{ب ا ث د}}$ اكبر من مسافة $\overline{\text{ب ا ث د}}$ وهذا
غير ممكن

ومن هنا ينتج انه اذا كان مستقيمان مثل مستقيمي $\overline{\text{ا ب و ث د}}$
متوازيين وكان احدهما عمودا على خط آخر ثالث مثل $\overline{\text{ا ث}}$ كان الاخر
عمودا على هذا الخط الثالث

وبسته مملون في فن الرسم ورسوم التجارة هذه الخاصية الموجودة في المتوازيات
فيصنعون آلة تسمى تاء لانها مركبة من جزئي $\overline{\text{م ن}}$ و $\overline{\text{و ح}}$ (شكل ٣)
المتجمعين على شكل حرف التاء الفرساوية ويضعون فرع $\overline{\text{م ن}}$ كثيف

السلك والبارز من اسفل على امتداد $\overline{\text{ا د}}$ من لوحة $\overline{\text{ا ب ث د}}$
ولما كان الفرع الاخر الذي هو $\overline{\text{و ح}}$ عمودا على الاول نشأ عن ذلك
ان خطي $\overline{\text{ا ب و ه}}$ المستقيمين المرسومين على امتداد فرع

وح يكونان متوازيين

وأذا اريد تنظيم الجيوش العسكرية صفافا عنى بلوكات متوازية مثل

أ ب و ث د و ه ف الخ (شكل ٤) فانهم يضعون ادلة

أ و ث و ه و غ على خط مستقيم وابعاد متساوية ثم يصفون

كل بلوك اصطفا فاعوديا على مستقيم أ ث ه غ الخ فيتحقق حينئذ

ان البلوكات موازية لبعضها

ويستعملون في الفنون بكثرة الخطوط المستقيمة المتساوية البعد

وفي نسخ اليد وطبع الكتب تكون الحروف موضوعة على خطوط متساوية

الابعاد اى متوازية كالالف واندالم من اسم الله عز وجل

ويستعملون في فن المويستى الخطوط المتوازية المتساوية البعد (شكل ٥)

ليضعوا فيها نقاطا حلقية ملوطة او فارغة بسيطة او مركبة باذيال متوازية

ثم يجمعون هذه النقاط الحلقية بحيث لا يلزم الغشاء ولا جراً نعمات كل جملة

الازمن واحد وهذا الزمن هو المسمى بالقياس وتكون الخطوط المتنوعة

منصلة بخطوط مستقيمة عمودية على الخطوط الاول المتوازية وبناء على

ذلك تكون هذه الاعمدة خطوطا موازية لبعضها

ويرسمون في الغالب مرة واحدة خمس خطوط متوازية بواسطة قلم جدول

له خمسة اسنان موضوعة على خط مستقيم ويسكأ عند الرسم على مسطرة

بشرط ان تكون الاسنان الخمسة موضوعة على صف عمودى على هذه

المسطرة فن الواضح حينئذ ان ترسم خمسة خطوط متساوية الابعاد

ومتوازية ايضا

واستعمال الخطوط المتوازية المتساوية البعد غير متناه في سائر الفنون

حيث ان الحراث يصنع خطوطه على موجب الخطوط الموضوعة هكذا

فعندما يحرث الارض ويجر محرثه على خط مستقيم ترسم اسنان المحراث

المتساوية البعد خطوطا مستقيمة متوازية وبناء على ذلك تؤنر اسنان الآلة

كلها في الارض على السوية لتقسم قطع الارض التي فصلها من المهرات الى قطع صغيرة او كبيرة

واذا اراد النقاش رسم سطوح كاملة الاستواء فانه يرسم اول اجزاء كبيرة الظل او صغيرة بخطوط غليظة او رفيعة لكنها تكون متوازية ومنساوية البعد

فاذا اراد رسم سطوح مستوية وكان جزؤها يبعده عن الراصد او سطح السماء فانه يستعمل ايضا خطوطا ظلية مستقيمة ومتوازية ويمكنه ان يجعلها على ابعاد منساوية بشرط ان تكون الخطوط القريبة من الراصد اعنى واعرض من الاخرى ويمكنه ايضا ان يصنع خطوطه الظلية على منوال واحد في العمق والعرض لكنها تكون متباعدة عن بعضها بقدر ما تكون تقط الفراغ الدالة عليها قليلة الظل او قليلة البعد عن الراصد وهذه التدريجات لها قواعد هندسية فينبغي لكل من اراد من ارباب الفنون تحسين علميته ان يفهم على حقيقة هذه القواعد

ويمكن الآن ان نبرهن على ان كل خطين مستقيمين متوازيين يكونان منساويي البعد في جميع طولهما

فترسم خطي ا ب و ث د المتوازيين (شكل ٦) وتنزل ا ث

و م ن عمودين على هذين الخطين ونعين نقطة ك نقطة ث ش في

منتصف خط ا م وتنزل ش ك عمودا على هذين الخطين

المتوازيين ثم نثني الجزء الايسر من الشكل على جزئه الايمن بدوران الاول

حول خط ش ك كلوا ب وتطبقه على الثاني فزاويتا ك ش ا

و ك ش م من جهة و ش ك ث و ش ك ن

من جهة اخرى تصير منساوية وخط ش ا ينطبق على خط ش م

و ك ث على ك ن وحيث كانت زاويتا ش ا ث

و ش من قائمتين ومتساويتين لخط ا ث ينطبق على م ن وتقع نقطة ث على نقطة ن فاذاً يكون عمود ا ث مساوياً وعمود م ن وحيث أنه يكون خط ا ث و م ن العموديان (شكل ٦) اللذان يقسمان في اوضاع مختلفة مسافة المتوازيين مساويين لبعضهما وهما اقصر بعدين هذين الخطين المتوازيين

ويكون عمود ا ث و م ن الواقعان على خط ا ب المستقيم متوازيين فاذاً يكون مستقيماً ا م و ث ن العمودان عليهما مساويين لبعضهما

وبناء على ذلك اذا كان هذا المتوازيان كخطي ا ب و ث د ومستقيمان آخران كـ ا ث و م ن المتوازيين العمودين على المتوازيين الاولين جزأء الخطيين الاولين المستقيمين المحصوران بين الخطيين الآخرين يكونان مساويين لبعضهما وكذلك جزأء الخطيين الآخرين المحصوران بين الاولين يكونان مساويين لبعضهما

اجراء العملية على سكك الحديد اى السكك ذات القضبان وهى سكك يصنعون عليها قضباناً مجوفة او محدبة كاملة الاستقامة والاتصاف يتحرك فيها او عليها ابغاية الدقة اربع عجلات من العربات اثنتان منها على القضيب الايمن واخريان على القضيب الايسر ومتى كان احدهذين القضيبين مستقيماً لازم ان يكون الاخر بعيداً عنه بمسافة مساوية لبعده عن العجلات الموصوعة على محور واحد وبهذا يكون القضيبان متوازيين حيث انهما متساويا البعد ومستقيمان ومتوازيان وفي النقل على هذه السكك فائدة عظيمة ووفر جيداً بالنسبة للنقل الحاصل على الطرق العادية

واذا فرضنا ان خط د ث يقرب من ا ب (شكل ٦) بشرط

ان يكون دائماً وداعلى ا ث فانه يكون دائماً موازياً لخط ا ب الذى يقرب منه شيئاً فشيئاً مع التساوى فى جميع اجزائه ولتحرك هذه الخطوط المتوازية والتساوى الذى تحفظه الخطوط المذكورة فى ابعادها فائدة عظيمة فى الميكانيكة

تطبيق الخطوط المتوازية على عجالات الآلة المستعملة لغزل القطن

اذا تصورنا عجلة متجهة على حسب اتجاه ث د وامكن تقدمها او تأخرها (شكل ٦) عن ا ب مع التوازى بواسطة العجلات الصغيرة التى تمر

على قضبي ا ث و م ن المتوازيين فان خيوط القطن تتقدم من خط ا م الذى هو خارجة منه بمسافة متساوية لتلتف على مغازل مصطفة

على اتجاه ث ن المتساوى البعد وعند ما تقرب عربة ث ن من

ا م تنقص بالسوية مسافات تقط ث ن الموجودة على مستقيم

ا م وبناء على ذلك تلتف الخيوط بالتساوى على المغازل بدون ان تكون

كلها مشدودة مع التساوى ومتى بعدت العربة من خط ا م اتعود الى

ث ن كانت الخيوط ممدودة بالتساوى كذلك ولذا يمكن بواسطة تساوى

الخطوط المتوازية المحصورة بين متوازيات اخر الوصول الى انشاء الآلات

الطريقة المعدة للغزل التى ليست فائدتها مقصورة على غزل اربعين فتلة

او خمسين او ستين او اكثر من ذلك بمجرد حركة العربة مرة واحدة بل تصنع

زيادة على ذلك سائر الخيوط مع مساواة لا يمكن تحصيلها اذا غزلت بدون هذه

الطريقة وبدون الوسائط الهندسية

والى الآن لم تقابل الخطوط المتوازية الا بالخطوط العمودية ولنقابلها

لأن الخطوط المائلة بان نرض (شكل ٧) رسم خطى ا ب

و ث د المائليين بالنسبة لخط ه ا ث ف فاذا كانت زاويتا

أ ب و ه ث د (الثان يقال لهما متقابلتان) متساويتين فان

مستقي **أ ب** و **ث د** يكونان متوازيين

ويكون عكس ذلك صحيحا عني اذا كان هذان الخطان متوازيين فان كل مائل يقطعهما بشرط ان يصنع معهما اربع زوايا حادة متساوية واربع زوايا منفرجة متساوية ايضا

وفي الفنون التي يحتاج فيها الانسان الى رسم مستقيم مواز لآخر يستعمل غالبا خاصيتا المتوازيات

ويستعمل لذلك مسطرة مثلثية مثل **س ه ر** (شكل ٨) من الخشب او الزجاج او المعادن وهي مسطرة الرسامين وسميت مثلثية لان **س ه ر** و **س ه ر** اللذين هما ضلعاهما على شكل زاوية قائمة او مسطرة مثلثية

واذا فرضنا الآن ان المطلوب هو رسم مستقيم من نقطة **أ** مواز لخط **ث د** (شكل ٨) فاتنا بتدئ اولابوضع المسطرة المذكورة وهي **س ه ر**

بحيث يتبع احد اضلاعها وهو **س ه** اتجاه **ث د** ثم نضع مسطرة **م** على ضلع **س ه ر** من المسطرة المثلثية ونسكي باليد او بانقال آخر مع الشدة على المسطرة المثلثية لنثبت على المستوى ونحور باليد الاخرى المسطرة المثلثية على امتداد المسطرة حتى يصير ضلع **س ه ر** قريبا جدا من نقطة **أ** المقروضة بالنظر الى الآلة التي تستعمل لرسم مستقيم **أ ب** المطلوب ويصير هذا المستقيم المرسوم على امتداد **س ه ر** موازيا بالضرورة لخط

ث د حيث ان الزاويتين الحادتين المتقابلتين المصنوعتين بالمسطرة وخطي **أ ب** و **ث د** متساويتان

وبواسطة ضلع **س ه ر** من المسطرة المثلثية يمكن رسم خطوط عمودية على المسطرة وذلك اسهل من رسم الخطوط العمودية بواسطة الخطوط المائلة المتساوية الميل ولكن يلزم لذلك مساطر مثلثية جيدة الضبط وان كانت فادرة

الوجود حتى انه لا يوجد في المسدن التي تقدمت فيها الفنون الاقليل من
الصنایعية الذين يصنعون مساطر مثلثية ومساطر جيدة الضبط يكتفي بها
مهرة الرسامين
وانشرح الآن تطبيق الخواص التي ذكرناها آنفا على تركيب الاجسام
وحركتها فنقول

اذا كان هناك (شكل ١٠) شكل لا تتغير صورته مثل ا ب ث د
وفرضا تقدمه بحيث تكون جميع تقطه الموجودة على مستقيم ا م د ح
الخ متحركة على مستقيم ا م د ح الخ فنقول ان كل نقطة كنقطة
ب او ث او د التي هي من شكل ا ب ث د ترسم
مستقيم ب - ا او ث - ا او د - ا الموازي لخط ا ا وحيث كانت
صورة الشكل المذكور لا تتغير مدة متحركة لزم ان كل نقطة من نقط
ب و ث و د تمكث دائما على بعد واحد من مستقيم ا ا فاذن
ترسم هذه النقطة خطا مستقيما موازيا لخط ا م د ح الخ
وكثيرا ما يستعمل في الصناعة هذه الخاصية المستحسنة المعلومة من الهندسة
(بيان تطبيق العملية على حركة الدروج في بيوتها)

قد تكون الدروج والتخت والدواليب والصناديق الا فرنجية متداخلة ومعانة
في تحركها (شكل ٩) بيروا ترسم التحاماته القائمة خطوطا مستقيمة
متوازية كخطوط ا ا و ب ب و د د و ث ث وعند تقدم
الدرج او تاخره اذا كانت مهماته جيدة اعنى اذا كان توازي جميع اجزائه
ملحوظا بالدقة يكون محكما عند دخوله في بيته ولا يحتل باى وجه كان
في جميع حركاته حيث ان الخطوط المتوازية التي انحصرت بين هذه
المتوازيات وصارت بذلك متساوية تدل على بعد النقط المتنوعة من هذا
الدرج في اوضاعه المختلفة

(بيان تطبيق العملية على حركة المكابيس في الطلمبات)

هذا التطبيق يفيدنا كيف يكون المكاس الداخل مع الاتقان في جسم طلبية محيطها مركب من خطوط مستقيمة متوازية متعكرا فيها مع غاية الضبط بدون ان يعرض له عارض في حركته وذلك اذا كان جسم الطلبية والمكاس مصنوعين مع الضبط واما اذا كان المكاس يصعد ويهبط بالتوالي فان كل نقطة من دائرته نصير خطا مستقيما موازيا لمحور جسم الطلبية ولا بد ان تكون جميع هذه الخطوط المتوازية المرسومة موضوعة بالكلية في داخل جسم الطلبية لاسيما عند عمل الآلات البخارية التي اذا حدث فيها ادنى خلل وقل اختلاف في التوازي حصل لقواها الضعف والضياغ

(بيان تطبيق العملية على لوحة القماش وحيا كته)

لاجل لوحة القماش غذا ولا على التوازي جلة من الخيوط ونجمها من طرف على حاشية ونلقها من الطرف الآخر على عمود من الخشب او غيره ثم نشد الخيوط المذكورة حتى تهى الاجزاء المنفردة جلة خطوط مستقيمة متوازية وموضوعة على مستوا واحد * ولكيلا يكون القماش المراد نسجه مرتجيا في بعض الاجزاء نستعمل آلة تسمى مشطا وهي مركبة من اسنان رفيعة مستقيمة ومتساوية البعد عن بعضها مع التوازي ومن جهازين موافقين لبعضهما واندخل في كل مسافة من المسافات التي بين اسنان المشط خيطا من السدى وهو الذي ينظم تباعد الخيوط عن بعضها فبجمع موعى الخطوط المستقيمة المتوازية اللذين احدهما يستعمل لتنظيم الاخر حين يكون المشط مصنوعا مع الضبط فنصل الى صناعة الخشة كبيرة العرض والطول مع التساوى التام في جميع اجزائها

ومن المعلوم عند جميع الناس ان الهندين احسنوا صناعة الكشامير الشهيرة حتى بلغت في الحسن والدقة غاية السكال ومع ذلك لم يكن عندهم لاجل تحقيق توازي الخطوط وتساويها في البعد طرق تشبه في الضبط والتحقيق طرق الافرنج فلذا عسر عليهم صناعة ارضية السيلان المقاربة لسيلان الافرنج في القماش والمعدة معها في النسج مع ان اهل اوروبا لم تشرع في هذه

الصناعة الامنذ عشرين سنة

ومن الضروري ان نوضح للتلامذة ان كمال الدرجة العليا المحصلة في فن
من الفنون منوط بالطرق التي يستعملها الانسان ليقترب من الضبط كما تبينه
الهندسة التصورية في نوازي الخطوط المستقيمة التي هي كناية عن الخطوط
الرفيعة جدا

وينتزع الانسان غالبا القرصة في تعيين هذه النتائج باي محل تستلزم فيه
تقدمات الصناعة ادخال قوة الادراك والتركيبات الهندسية
في شغل الكرخانات وقد ذكر غير مرة ان هذا هو الذي يجبر ارباب الصنائع
على معرفة الهندسة المطبقة على الفنون معرفة جيدة

وتستعمل خواص الخطوط المتوازية لتركيب اي شكل او جسم يكون
مساويا للجسم معلوم اولشكل كذلك

فاذا فرضنا مثلا ان المراد عمل شكل ا ر ث د (شكل ١١) مساويا
على وجه الصفة لشكل ا ب ث د المرسوم سابقا فاننا نرسم خطوط
ب ر و ث و و د د مساوية لخط ا ا وموازية له ثم
نرسم خطوط ا ر و ر ث و ث د و د ا فتصير هذه الخطوط
المذكورة مساوية بالضرورة لخطوط ا ب و ب ب و ب د و د ا
وموازية لها وهذا السبب يصير الشكلان متساويين

(بيان تطبيق العملية على رسوم الابنية المدنية والبحرية)

اذ لزم ان تنقش قطعة من الخشب او الحجر او الحديد نقشا ينطبق بالدقة على
مخوف او محدب مهيأ لادخال القطعة المخرقة فيه فنستعمل خواص الخطوط
المتوازية التي استعملناها آنفا فاذا فرضنا مثلا ان اردنا ان نحرر في الداخل

المدلول عليه بخط ا ب ث د ه ف (شكل ١٢) قطعة من
الخشب مثل س ص بعد تجييرها وترقيقها بالكلية فنقول انه يمكن

لذلك رسم خطوط ا ب و ب ر و ر ث و ث و و د د و ه ه و ف ف
المتساوية والمتوازية لبعضها ثم نرسم محيط ا ر ث د ه ف ونحفر قطعة

س ص بحسب هذا المحيط

ونستعمل هذه الطريقة لاجل ان نصنع من الواح الخشب الخفيفة ارائيك الخطوط الاصلية التي نصنع بها سفينة على موجب رسم معلوم ويسمى مهندسوا السفن طريقة الخطوط المتوازية بالنقالة ويترب على صحتها الامانة التامة التي بها تجري عملية الاشكال المعلومة عند المهندسين على وجه الصحة

واما استعمال هذه الطريقة الخاصة باجتماع القطع الكثيرة المحوفة او المهدبة (شكل ١٣) التي ينبغي تعشقها ببعضها فان صلابة السفينة متوقفة على احكامها وعلى المقاومة التي ترد تحرك اجزائها عند ما يحصل لهذه السفينة مشاق من البحر وهذه الحركة هي احدى اسباب الالتلاف المضر جدا كما ستقف عليه فيما بعد

بيان تطبيق الخطوط المتوازية على رسم الهندسة الوصفية اى قواعد المساقط

قد ذكرنا بالاختصار طريقة رسم شكل يساوى شكلا اخر بواسطة الخطوط المتوازية وهذه الطريقة استعملت ايضا لعمل ارائيك عام لرسم صورة الاجسام وهذا هو الفرض الاصلى من رسم الهندسة الوصفية فننقل على مستوي يسمى مستوى المسقط كخطة اولوح او فرخ ورق منفرد الجسم المراد رسمه وذلك بان نمد من كل نقطة من نقط الجسم المطلوب رسمه خطا مستقيما موازيا لاتجاه معلوم بمقتضى الاتفاق ولا يخفى ان كل نقطة من نقط الجسم المرسوم تترك موضعها الاصلى وتوضع على سطح المسقط مع اتباعها للاتجاه المتوازى المتفق عليه فاذن يكون وضع النقطة الجديدة على مستوى المسقط هو نفس مسقط النقطة

فاذا اسقطنا سائر نقط خط مستقيم او منحنى فانه يتألف منها على مستوى المسقط مستقيم ومنحن جديدان يصدران مسقطى الخط المستقيم او المنحنى الاصلى

وهذه هي الطريقة المستعملة لاختزال صورة الاجسام في الابنية المدنية والعسكرية والبحرية وفي فن قطع الاخشاب والاججار وفي الرسم المعمول الآلات وعلوم جرا

ولا يكفي مسقط واحد للاجسام المراد تصورها وانما ينبغي مسقطان او اكثر لتحديد صورتها وقدرها مع غاية الضبط ولذا يستعملون سطحى مسقط ليسهل اجراء عملياتها بفرض احدهما راسيا والاخر اقربا ويقتل او يسقط على المستوى الراسي الجسم المراد رسمه بواسطة خطوط متوازية افقية ويقتل او يسقط الجسم المذكور على المستوى الافقى بواسطة خطوط متوازية راسية

ومن ذلك يسمى المسقط الافقى مستوى الجسم والمسقط المنتصب ارتفاعه ويجب على التلامذة من الآن فصاعدا معرفة ضرورة رسم المساط مع الضبط بواسطة المستويات والارتفاعات ومعرفة جميع الاجسام المطلوب رسمها وعليتها في سائر الفنون التي ينبغي ان يكون فيها للتأليف صورة جيدة الصلة اما على حسب الاراء انك او على حسب الابعاد والمسافات المعينة سابقا

ويحصل للتلامذة عقب هذه الممارسة وسائط العمل في الاحوال التي تقدم لهم غير ان ذلك لا يكفيهم وانما يلزم لهم معلم -صوصى يعلمهم رسم المساقط بطرقه ومعارفه

(بيان تطبيق طريقة المساقط على فن الميكانيكة)

ليست الخطوط المتوازية والعمودية مستعملة بواسطة المساقط لمجرد رسم صورة اى جسم مفروض عدم تحركه في وقت معلوم فقط بل تستعمل ايضا لتبيين الطريق التي يتبعها او يجب ان يتبعها كل من نقط ذلك الجسم عند تحركه باى حركة كانت وهذا التطبيق الجديد الناشئ عن الهندسة من اعظم الاشياء نفعا لفن الميكانيكة فيسوغ لنا ان نرسم بواسطة الخطوط ما ليس بمحققا في الصورة في القراع ويسوغ لنا ايضا ان نعين على الدوام رسوم الاشياء

التي من شأنها الظفاء في الوقت الذي يعقب ظهورها
 فاذا فرضنا مثلاً اننا اطلقنا رصاصة بندقية او كلة مدفع نحو هدف معلوم
 فان مركز هذه الرصاصة او الكلة يقطع خطاً غير مشاهد ومع ذلك فيمكننا
 ان نرسم هذا الخط كما ينبغي على مستو ما ونستعمل هذا الرسم في احوال
 كثيرة كما اذا اردنا ان نتحقق من تأثير ضرب طابية على استحكامات فعلى
 حسب دخول هذا الخط المتجه على رأس الاستحكامات في القراع الذي يشغله
 المحافظون او مروره باعلى هذا القراع من بعد لا يصل الى المحافظين يكون
 للطابية فائدة او عدم فائدة بالنسبة للمعاصرين (بكسر الصاد) وتكون
 خطرة او غير خطرة بالنسبة للمعاصرين (بفتحها) الذين خلف السور
 (راجع الدرس الرابع عشر)

فاذن نرسم الخط المراد قطعه بمركز الرصاصة على سطحى المسقط المئينين
 للاوضاع الاصلية ونقوش الطابية والاستحكامات لنعرف ما يبرحى او ما يخشى
 من نتائج هذه الطابية

ونرسم ايضا بواسطة الخطوط جلة النقاط التي يقطعها مركز القمر حول
 الارض ويقطعها ايضا حول الشمس مركز الارض وباقي النجوم السيارة
 وذات الذنب وما اشبه ذلك فتكون معرفة الخطوط المقطوعة على هذا الوجه
 بالكواكب السيارة منظومة في سلك الاستكشافات النفيسة التي كشفها
 عقل الانسان ومكتشف احقايا من السنين حتى وصل اليها

والقصد من صناعة الآلات المستعملة لضرورة الناس واشغال الصناعة ان
 بعض اجزائها يحصل عنه حركات مخصوصة ولا يكتفى رسم اجزاء كل آلة في وضع
 مخصوص بل يلزم رسم حركات هذه الاجزاء وسيرها وقد يتحصل ذلك
 باستعمال طريقة المساقط مع الخطوط المتوازية والعمودية وبواسطة هذا
 الرسم نتف على حقيقة ما ينشأ من صور الاجزاء المتنوعة لهذه الآلات
 عند تحريكها

ويعلم من ذلك ان القضية المتعلقة بالمتوازيات والخطوط العمودية التي يظهر

انها سهلة وموجزة جدا لها تطبيقات مفيدة اما الرسم الاشياء وصناعتها بالنظر
الى اشكالها ورسم اثاث البيوت والابنية والآلات اول الدلالة على الحالة
الثابتة للاجسام واحوال تحركها المتنوعة فاذا ينبغي التعود بكثرة على
طريقة الرسم التي تجرى في الصناعة

ومن اتقن عمليات الخطوط المتوازية العملية التي استعملت لرسم الخطوط
المنحنية بواسطة الخطوط المستقيمة المتوازية

فاذا فرضنا الى خط منحني كخط م ا ب ب د ن (شكل ١٤)

فانتقله الى خط مستقيم اصلي الى محور م د بواسطة عدة خطوط

اخر مستقيمة متوازية كخطوط ا ا و ب و ث و د الخ
ثم نرمس عادة هذه الخطوط الاخيرة على ابعاد متساوية

(بيان اجراء العملية في رسم الخطوط المنحنية)

فائدة هذا الرسم الهندسي هو انه يسوغ لنا رسم صورة الخطوط المنحنية
وعدها ولو كانت قليلة الانتظام ان امكن التعبير بهذه الطريقة ومن ذلك
المثال الشهير المقرر في عمارة السفن

(بيان المثال المذكور)

حاصله ان سرعة سير السفينة في حداثاتها تعلق بالصورة الموافقة للقارينة
اي الجزء الاسفل المنغمس في الماء فينبغي ان تكون هذه الصورة دائمة ومحكمة
الصناعة على حسب الابعاد التي يحددها المهندس ولذا يستعملون القواعد
الهندسية المخطوطة في رسم قارينة السفن وتركيبها والمعول في ذلك على
قاعدة المتوازيات والخطوط العمودية

والضلع الايمن من السفن التي تصنعها يسمى تريبوراً اي الجهة اليمنى وهي
مضاهية بالكلية للضلع الايسر المسمى بالياورز اي الجهة الشمالية ولاجل
علمها عند خط اقياس كخط م ن (شكل ١٥) يصل مقدمها بمؤخرها
ونقيم على هذا الخط المستقيم المنقسم الى اجزاء متساوية مثل م ا و ا ب

و ب ث الخ خطوطا عمودية ونضع على هذه الخطوط نقاطا تدل على خطوط الماء

ونفرض ان السفينة تنغمس بالتدريج في البحر بدون ميل من الجهتين ونضع في كل درجتهم الانغماس على سطحها الخارج خط محيط الماء وهو المسمى بخطوط الماء والذي يدلنا من مبدئه الامر على اتصال هذه الخطوط هو صحة اشكال السفينة وتكون هذه المنحنيات محددة كذا ذكرناه آنفا بواسطة انصاف الاعراض الموضوعة على عيني المحور وعلى يساره وعلى المتوازيات واذا كانت انصاف الاعراض المذكورة مدلولها عليها باعداد بالنظر الى كل خط مائي وكل متواز فانه يمكن دائما رسم القاربنة اى الجزء الاسفل من السفينة وبناء على ذلك يمكن عمل السفينة المذكورة

(مثال ناشئ من رسم الطرق والخلجان)

مثلا اذا كان خط م ن الماء خوذ محورا (شكل ١٦) هو خط نسوية مياه الخليج او خط آخر مواز لهذه التسوية فالتأخذ خطوطا عمودية

مثل ا ا و ب ر و ث ش من ابتداء هذا الخط الى الارض التي صورتها منتهية بالخط المنحنى المار بنقط ا و ر و ث و د وهناك آلة يقال لها آلة التسوية تستعمل لتحديد ارتفاعات م م و ا ا و ب ر

و ث ش وسيأتى للبيان انهم اعند الكلام على آلات الماء

ثم نصنع ما يسمى بالرسوم الجانبية القاطعة بان نعد من كل نقطة من نقط

ا و ب و ث و د الخ خطوطا انقية عمودية على م ن ونعتبر كل واحد من هذه الخطوط محورا جديدا ثم ننزل من هذا المحور بخطوط عمودية على الارض ونقيس طولها ثم نصنع لكل محور جديد شكلا بواسطة خطوط الارض العمودية والمنحنى المقابل لهذه الخطوط

وقد تكون هذه العمليات لازمة لزوما ضروريا في معرفة كمية الارض التي ينبغي هرقاها الى اماكن المرتفعة لنقلها الى الاماكن المنخفضة وتغيير صورة

الارض الاصليه الى الصورة الملايعة للطريق والخليج الذي يراد رسمه وبالجملة فان هذه الارتفاعات ينشأ عنهما مع السرعة والسهولة طريقة عمل الحسابات الضرورية في تقويم كميات الارض التي يراد رفعها وازالتها وهو ما يسمى حفر ونقلها وهو ما يسمى ردما

واذا اردنا تحديد عق بجيرة او نهر او مينا او مرسى مع غاية الضبط فانا نقسم السطح الى جملتين من الخطوط الاقيية المتوازية المتساوية البعد بشرط ان تكون خطوط احدهما عمودية على خطوط الاخرى فاذا اتقرر ذلك نزلنا من كل نقطة تكون فيها الخطوط المتوازية الممتدة الى جهة واحدة مقطوعة بخطوط متوازية ممتدة الى جهة اخرى بعمود يصل الى الارض واذا امرنا بخطوط منحنية من طرف الخطوط العمودية الممتدة من افق واحد فانا نصنع الشكل الجانبي لقاع الجيرة او النهر او المينا او المرسى وبهذه الطريقة يتحصل لطول هذه الاشياء او عرضها سائر الرسوم الجانبيه اللازمة في تحديد صورة هذا القاع

وعوضا عن اتباع الطريقة المذكورة الدالة على صورة الارض المغمورة بالماء او غير المغمورة نستعمل غالبا خطوطا منحنية بشرط ان تكون الارتفاعات المنتصبة متساوية بالنظر لكل من هذه الخطوط المنحنية وحينئذ نصنع جملة من الخطوط المنحنية الاقيية ونفرض عادة ان الخطوط المنحنية المتتالية تكون متساوية البعد عند قياسه اى البعد المذكور مع الاتصاف وبناء على ذلك يستدل على القطوع الاقيية الموجودة على المسقط المنتصب اعنى على الارتفاع بموازيات متساوية البعد وهذا هو الذى يترتب عليه عدة عمليات ولهذه الطريقة فائدة عظيمة وهو انها تظهر بمجرد النظر على مستوكفرخ من الورق الصورة التامة للارض في جميع اجزائها المتنوعة

وايس نفع تعيين الصورة المذكورة مقصورا على رسم الجهات المائية اى وصف الاماكن المغمورة بالماء او المروية بها بل ينفع ايضا في التبغرافية اى ما يخص البلدان لاجل اخذ صورة الوديان والجبال وغيرها مع الضبط

والتفصيل وينفع ايضا المهندس الجهادى كما ينفع مهندس القناطر والجسور في رسم الطرق السلطانية واجراء عملية الاستحكامات واذا اريد تشييد قنطرة قنائية واعتيادية فان ابغال هذه القنطرة ترتفع الى ارتفاع خط التسوية الذى هو م ن (شكل ١٧) ويقسم هذا الخط من حيث هو الى اجزاء متساوية مثل م ا و ا ب و ب ث وعلى كل نقطة من نقط التقسيم تنزل اعمدة ا ا و ب ب و ث ث وتأخذ ابغال القناطر الاعتيادية والقنائية

ولم تتوسع زيادة عما يلزم في هذه التطبيقات العديدة التى يمكن علمها في شأن رسم صور الامتداد بواسطة المتوازيات وسترى فائدة هذه الطريقة وسهولتها وايجازها وسرعتها فينبغى حينئذ كثرة اتقن عليها وان ترسم مع المشقة عدة اجسام تتعلق بالمحاور والمتوازيات بشرط ان ينقشر جنس هذا الرسم بالتدرج في جميع الكرخانات

ويمكن ان مراجعة كتب الرسم والهندسة المختصة بالمستويات والسطوح المنحنية وكتب الهندسة الوصفية لا تخلو عن فائدة

(الدرس الثالث)

(في بيان الدائرة)

الدائرة هي سطح مستو تكون جميع نقط دائره السطح بالحيط على بعد واحد من نقطة الوسط المنفردة المسماة مركزا

وجميع الخطوط المستقيمة الواصلة من ذلك المركز الى المحيط تكون متساوية عندما تسمح الابعاد المتساوية ويعلق على هذه الخطوط المستقيمة اسم انصاف الاقطار فاذا ن تكون جميع انصاف اقطار الدائرة متساوية

ومتى كان نصف القطر متقابلا بين احدهما على يمين المركز والاخر على يساره فان الخط المستقيم المنفرد المتألف منهما يسمى قطر الدائرة

وحيث كانت θ هي مركز دائرة $ا ب د ه$ (شكل ١) كانت جميع
انصاف اقطار $\theta ا$ و $\theta ب$ و $\theta د$ و $\theta ه$ متساوية
واذا اتلف من نصفي قطر $\theta ا$ و $\theta د$ خط مستقيم كخط $ا د$
فهذا الخط هو قطر الدائرة

وكل قطر مثل $د ا$ (شكل ١) يقسم الدائرة الى قسمين متساويين
ويكفي في اثبات ذلك اثني جزء $د ا ب$ على جزء $د ا ه$ بتدوير $د ا ب$
حول قطر $د ا$ كلولب فاذا وقعت نقطة من محيط $د ا ب$ في داخل
محيط $د ا ه$ كانت قريبة من المركز واذا وقعت في خارجه كانت
بعيدة عنه وهذا غير ممكن حيث ان جميع نقاط محيط $ا ب د ه ا$
على بعد واحد من المركز فاذن ينطبق محيط $د ب ا$ بالكلية على
 $د ه ا$ ويكون جزاء الدائرة المنفصلان عن بعضهما بقطر $د ا$
متساويين

ويطلق اسم الوزر على كل خط مستقيم كخط $م ه$ (شكل ٢) منته
من كلتا جهتيه بمحيط الدائرة ويطلق قوس الدائرة على كل جزء من المحيط كجزء
 $م ه$ ويطلق اسم السهم على جزء $ه خ$ من نصف قطر $ث ه خ$
العمودي على الوزر وهو منحصر بين الوزر والقوس
وهذه الاسماء منقولة من اسماء الخشب الذي كان يستعمله القدماء حيث
يسدونه بوتر على هيئة جزء من المحيط تقريبا (شكل ٣) ويطلقون عليه
اسم القوس وهو معد لرمي السهام الموضوعة على منتصف الوزر في اتجاه
عمودي عليه ومن ذلك بعلم ان التطبيق واسطة في اتساع دائرة العلوم
وفي نقله لها اسما صارت فيها من قبيل الحقائق العرفية

وكل نصف قطر مثل $ث ه خ$ (شكل ٢) العمودي على وتر $م ه$
يقسم القوس والوزر الى قسمين متساويين

ولا ثبات ذلك عند نصفي قطر $ث م$ و $ث ه$ اللذين هما خطان

مائلان متساويان بالنسبة الى عمود ش فينتج اولا $\text{م ح} = \text{د ح}$
وكذلك يكون ترا م خ و د ح مائلين متساويين واذا اتينا ش خ د
على ش خ م فان نقطة د تقع على نقطة م وقوس د ضه خ
على قوس م د خ بحيث لا يمكن ان تقع نقطة مامن نقط القوس الاول
داخل الثاني واخرجه من غير ان تكون قريبة او بعيدة من مركز ش *
ثانيا ان قوسى م ر ح و د ضه خ يكونان متساويين
(اجراء العملية في رسم الخطوط)

يتألف من الخاصية التي ذكرناها آتفا عمليات نافعة جدا في فن الرسم وفي اغلب
الفنون التي ينبغي ان نجعل لها اقيسة جيدة الضبط
فتعمل اولا لقسمه قوس الدائرة الذي هو م خ د (شكل ٤) الى
قسمين متساويين ولذلك نأخذ بيكارا ونضعه على قدر الكفاية (اعني اكثر
من نصف م د) ثم نضع على م احد طرفي البيكار ونرسم بالطرف
الآخر قوس الدائرة وهو ر ضه ط ثم نأخذ الطرف الثاني من البيكار
ونضعه على د ونرسم بالطرف الاخر منه قوسا ثانيا كقوس د ضه ح
بشرط ان نهم في عدم فتح البيكار وغلقه وقت اجراء العملية وتكون نقطة
 ضه التي يجتمع فيها القوسان على بعد واحد من نقطتي م و د فاذن
تصير موضوعة على العمود الواقع على م د المار بمقتصف هذا المستقيم
وبمركز الدائرة وهذا الخط المستقيم هو الذي يقسم وتر م د وقوس
 م خ د الى قسمين متساويين

فاذا لم يعلم وضع المركز يكفي ان نرسم من جهته قوسى ا ش د و د ه
بقمته واحدة من البيكار فيكون مركز الاول م والثاني د ونصير
نقطة ه كنقطة ضه على العمود الذي يقسم وتر م د وقوسه
الذي هو م خ د الى قسمين متساويين

واذا علمنا ثلاث نقط من محيط الدائرة كنقط م د و و و (شكل ٥)
امكن ان نجد وضع المركز ومقدار نصف القطر ونرسم نفس المحيط

ويكنى لذلك ان تنزل على حسب الطريقة التي ذكرناها اولا من منتصف
 م خط غ ا عمودا على م د وثانيا من منتصف د و خط
 د ر عمودا على د و وعند من نقطة ث التي يتلاقى فيها عمودا
 ث غ و ث ر معا خطوط م و ث د و ث و المائلة
 فتصير متساوية فاذن تكون خطوط م و ث د و ث و ثلاثة
 انصاف اقطار الدائرة المطلوبة التي تكون نقطة ث مركزها

ومنى كان ا ب و د ه و ف غ التي هي اوتار الدائرة
 (شكل ٦) متوازية فان اقواس ا د و ب ه و د ف و ه غ
 الخ التي في هذه الاوتار تكون متساوية

ولا ثبات ذلك عند من مركز ث نصف قطر ث م د ح عمودا
 على سائر الاوتار فيقطع كل واحد منها الى جزئين متساويين وزيادة على ذلك
 اذا قابلناه بطول الاقواس المطابقة لهذه الاوتار ترتب على ذلك ان قوس
 ح ا يساوي قوس ح ب وقوس ح د يساوي ح ه و ح ف
 يساوي ح غ

ويترتب على ذلك ان قوس ا د يساوي ب ه و د ف يساوي
 ه غ

وقد يكون مستقيم س ح ص (شكل ٦) العمودى على نصف
 قطر ث ح من الدائرة والممتد من نهاية نصف القطر المذكور واقعا
 بتمامه خارج الدائرة ولا يتقدم معها الا في نقطة واحدة كنقطة ح فاذن
 يكون هذا المستقيم مماسا للدائرة ولا يمكن ان يمر مستقيم آخر من نقطة ح
 بين الدائرة ومماسها الذي هو س ح ص

وبيانه ان يقال حيث كان نصف القطر عمودا على مستقيم س ح ص فان
 نقطة ح التي هي موقع هذا العمود تكون اقرب لمركز ث الموضوع
 على هذا العمود بمعاها من النقط الاخرى كنقطة س او ص لان

البعد الحاصل بين نقطة S او V ونقطة T مقيس بالمائل الذي يكون بالضرورة اطول من عمود T C فاذن تكون سائر نقط مستقيم S C V موضوعة خارج الدائرة ما عدا نقطة C وللنقون في هذه الخواص الموجودة في الدائرة منفعة عظيمة بالنسبة للمستقيمات المعاسة لها

ويمكن في مبداء الامر ادارة الدائرة حول مركزها الذي هو T المفروض انه ثابت وفي هذه الحركة يكون تماس S V ثابتا و يترتب على ذلك امر ان احدهما ان الدائرة لا تتجاوز S V ثانيهما انها تماس دائما S V في نقطة C البعيدة عن مركز T بمسافة مساوية لنصف قطر T C وبناء على ذلك اذا مس مستقيم ثابت الدائرة في نقطة وكان مركز تلك الدائرة ثابتا على محور فيمكن ادارة هذه الدائرة بدون ان يلحق الانسان مشقة في بعده عن هذا الخط المستقيم او في دفعه عنه (اجراء العملية في خرط جسم متحرك بواسطة آلة ثابتة)

يستعمل الخراط هذه الخاصية لقطع سطح مستوع على حسب محيط مستدير بان يدير المستوى حول نقطة ثابتة كنقطة T المجمولة مركز الدائرة ثم يوجه آلة حادة على اتجاه تماس S V فتؤثر هذه الآلة القاطعة في نقطة C وتكون جميع اجزاء المستوى المفصولة عن بعضها بالآلة بعيدة عن نقطة T بمسافة اكبر من T C وعلى ذلك تكون جميع نقط المحيط المفصولة ايضا على هذا الوجه على بعد T C من المركز فاذن يكون هذا المحيط محيطا للدائرة

(اجراء العملية في عمل الاجار المعدة لسن الآلات او تسطيج السطوح) نستعمل الخاصية المتقدمة في عمل الاجار الصالحة لسن الآلات وتسطيج الاجزاء المستقيمة من سطح حادث من نتائج الصناعة بان يمسك الجسم المراد سنه او تسطيحه باليد او غيرها ويسكاه على حجر مستدير الشكل فان كان مركز هذا الحجر ثابتا ومحيطه محكم الضبط عند ادارته كان سطحه مماسا دائما

للأجسام المراد منها أو تسطيحها
ولا توجد هذه الخاصية في شكل غير شكل الدائرة لانه عند ادارة هذا الشكل
تحدث اوقات يبعد فيها الشكل المذكور عن الاجسام الثابتة واوقات اخرى
يدفعها عن نفسه
وعوضا عن كوتنا قرض ان الدائرة متحركة ومماس $س س$ ثابت
قرض عكس ذلك اني ثبات الدائرة ونحرك مستقيم $س س$ مع جعل
هذا الخط المستقيم بعيدا عن مركز $ث$ بمقدار يساوي نصف القطر
فلما يزال مماسا لمحيط الدائرة

(اجراء العملية في خرب الاجسام الثابتة)

نستعمل هذه الطريقة لقطع الاجسام الثابتة مع الاستدارة وفي هذه الحالة
تكون الآلة هي التي تدور حول المركز ويستدل على الجهة التي من الآلة
بمماس $س س$ وعلى نفس القاطع بنقطة $ح$
ونؤلف بطريقة مختلفة بين حركة الدائرة ومماساتها

(اجراء العمل في التدوير)

اذا فرضنا ان مماس $س س$ لا يزال ثابتا وادونا الدائرة فوجه بحيث
يكون كل جزء صغير من المحيط موضوعا على جزء آخر من المماس على التوالي
من غير ان يتقدم او يتأخر الى جهة الامام او الخلف فانه يحصل عندنا الحركة
التي يطلق عليها اسم التدوير وذلك من اعظم المهمات في الفنون
وفي هذه الحركة لا يزال مستقيم $س س$ مماسا للدائرة حيث انه يمس دائما
محيطها في نقطة واحدة فاذا نبقى مركز الدائرة بعيدا عن مستقيم $س س$
بمسافة مساوية لنصف قطر $ث ح$ وفي التدوير الكامل على خط
 $س س$ المستقيم يكون مركز الدائرة متحركا على مستقيم آخر مواز
لاستقامة $س س$ واذا كان هذا الخط المستقيم اقويا كان مركز الدائرة
تابع الخط اقويا ايضا

فاذا دار كل خط منح بهذه الكيفية على الخط المستقيم الاقوى فان النقطة

المركزية او غير المركزية تصعدتارة وتهبط اخرى فاذا لا يكون للنقل الحاصل في هذا الخط الذي هو عجلة غير مستديرة انتظام ولا اطسافة وهذا هو الحامل لنا على ان نجعل شكل الدائرة لساير عجلات العربات المعدة للنقل ارباب السباحة والاشياء

(اجراء العملية في الحركات المتوازية)

يتحصل لنا من خاصية الدائرة التي نحن بصدد هاطريقة وجيزة سهلة لتحريك نقطة بالتوازي على مستقيم معلوم وبكفي الصاق هذه النقطة بمركز الدائرة التي تدور حول مماسها الثابت

واذا مددنا خط $س هـ$ (شكل ٦) وجعلناه موازيا لخط $س ص$ بمسافة مساوية لنصف قطر $ح$ اولقطر الدائرة الذي هو $ح ث$ غ فان $س هـ$ يمر حينئذ بنقطة $غ$ التي هي نهاية قطر $ح غ$ ويكون مماسا للدائرة كخط $س ص$ واذا اردنا حينئذ الدائرة على $س ح ص$ فانها لا تنقطع عن مماس $س هـ غ$ حيث ان مسافة المتوازيين واحدة

(اجراء العملية في تركيب الآلات)

متى اردنا ان نحرك بالتوازي مسطرة او برواز مستقيما مع غاية الضغط على مستقيم معلوم فالتأخذ حلقة او حلقات متساوية القطر ذات شكل مستدير مضبوط ونضعها بين المستقيم المجموعول قاعدة والمسطرة او البرواز المراد تحركه فاذا لا يبقى علينا الا ان نجذب او ندفع مع مماسة الحلقات المسطرة او البرواز على حسب لوازم الآلات التي تكون المسطرة او البرواز جزءا منها واننبه على كثرة الطرق المتنوعة التي اخذت من علم الهندسة لتستعمل في الفنون من اجل رسم الدائرة او عملها بواسطة الخطوط المستقيمة وعكسه اي رسم الخطوط المستقيمة او عملها بواسطة الدوائر ومن اجل تحصيل الحركات المستقيمة بواسطة الحركات المستديرة والحركات المستديرة بواسطة الحركات المستقيمة والتعويل على المدرسين في اظهار سر هذه التطبيقات للتلامذة

وبعد مقابلة الدوائر بالخطوط المستقيمة ينبغي مقابلتها ببعضها
وذلك بان نفرض ان دائرتي α و β (شكل ٧) موضوعتان على
وجه بحيث يكون بعد مركزيهما وهو $\alpha\beta$ يساوي $\alpha\omega + \beta\omega$
الذين هما نصف قطرهما ومن البديهي ان نقطة ω تكون على المحيطين
معاً وزيادة على ذلك لا يمكن ان نقطة اخرى كنقطة χ ان تكون على هذين
المحيطين معاً

وبناء على ذلك تكون الدائرتان مماسيتين لبعضهما

(اجراء العملية في نقل حركة مستديرة من محور الى آخر)

يمكن ادارة الدائرة الاولى (شكل ٧) بدون ان تنقطع عن مماسة الدائرة
الثانية المفروض ثباتها او تحركها والمفروض ايضا دورانها في جهة واحدة
كالاولى او في جهة مضادة لها بدون ان تنقطع الدائرتان في هذه الحركة عن
مماسة بعضهما بدون ان تدخل احدهما في الثانية

ويستعمل غالباً في الفنون هذه الخاصية الهندسية لتحريك دائرة بواسطة
دائرة اخرى اما بالنظر لجردهمحاكة المحيطات او بالنظر لامتلائها بالاسنان
المتساوية في الغلط الموضوع على بعد واحد وحينئذ ينبغي ان يلاحظ انه
اذا كانت احدى الدائرتين تدور من اليسار الى اليمين والاخرى من اليمين الى
اليسار فانهما يتحركان بانعكاس وقد يستدل على اختلاف الحركات بالاسنان
كافي (شكل ٧)

فاذا كان هناك ثلاث دوائر مماسة لبعضها مثل α و β و γ
(شكل ٧) بحيث تكون الاولى مديرة للثانية والثانية للثالثة وكان
دوران الثانية مخالفاً للاولى ودوران الثالثة مخالفاً للثانية فان الثالثة والاولى
يدوران في جهة واحدة واذن يلزم ان يكون هناك ثلاث دوائر مماسة لبعضها
ليتولد عنها في جهة واحدة حركة مستديرة من مركز الى آخر

(بيان السيور والمحيطات بالدوائر)

اذا اردنا نقل حركة مستديرة الى مسافة كبيرة فانا موضوعاً عن ان نستعمل

دوائر كبيرة او نضاعف عددنا نأخذ منها دائرتين ونجعل السير محيطاً بهما وهذا ما يمكن عمله وفيه حالتان الاولى أن يكون بدون تقاطع السيور كما في (شكل ٨) والثانية ان يكون مع تقاطعها كما في (شكل ٩) وتكون هذه السيور ممتدة بحيث يكون جزء $\overline{آ م د}$ و $\overline{ح غ}$ غير المماسين للدائرتين على مستقيم واحد ويمكن ادارة كل من هاتين الدائرتين بدون ان يتغير طول جزئى $\overline{ع أ م}$ و $\overline{ح غ ب د}$ المستديرين واتجاههما وكذلك طول جزئى $\overline{م د}$ و $\overline{ح غ}$ المستقيمين واتجاههما فعلى هذا اذا كان في مبدء الامر الصوق السير على المحيطات متبنا جدا بحيث يتبع السير عند ادارة الدائرة حركة واحدة وينقلها الى الدائرة الاخرى وتنقل هذه الحركة من غير مشقة بطريقة واحدة عند ادارة الدائرة الاولى

فاذا امتد السير بكثرة الاستعمال او بتغير حرارة الجو او رطوبته لزم استعمال دائرة ثالثة $\overline{ك د}$ دائرة (شكل ١٠) التي اذا نثت جزء $\overline{ح غ}$ القائم تجاهه بعد ذلك في وضع $\overline{ح ر}$ و $\overline{ر غ}$ بحيث يصير موترامع ماله من الامتداد ولا جل ذلك يكفى ان يكون تفاضل الطول بين مستقيم $\overline{ح غ}$ وجزء $\overline{ح ر غ}$ المنكسر مساوياً لطول السير وكثيرا ما نستعمل هذه الطريقة في تركيب الآلات

وهناك اختلاف ينبغى الالتفات اليه في نوعي السيور المتقاطعة او غير المتقاطعة عند الانتقال من دائرة الى اخرى وهوان الدائرتين يدوران بواسطة السيور المتقاطعة (شكل ٩) في جهات متضادة مع انهما يدوران بواسطة السيور غير المتقاطعة (شكل ٨ و ١٠) في جهة واحدة وبيأتى في آخر هذه الدروس كثير من العمليات المقررة في شأن حركة الخطوط المستقيمة والدوائر المتلاصقة لاستكمال لوازم الفنون

(بيان حركة دائرة في اخرى)

اذا قطعنا دائرة في سطح مستو فانه يحصل لنا بالنظر للجزء المقطوع محيط محذب وبالنظر لما بقى من المستوى محيط مجوف فاذا ادركنا الدائرة المقطوعة

حول مركزها كانت سائر نقط محيطها الملازمة لبعدها من المركز مماسة دائماً للنقطة من المحيط المجوف المقطوع في المستوى فاذن يكون المحيط المحذب عند دورانه مماساً دائماً للمحيط المجوف في جميع نقطه

ولا توجد هذه الخاصية إلا في شكل الدائرة دون غيره وبالجمله فيوجد في كل شكل يمكن ادارته حول نقطة ما اجزاء من محيط الشكل البعيد كثير الاوجه لئلا من هذه النقطة وهذه الاجزاء التي تكون تارة خارجة من المحيط المجوف المقطوع على المستوى وتارة لاتصل اليه تتركبه وبينها فراغا

وكما اقتضى الحال ان نسمي مسافة مستوية جديداً وكان جزء من هذا المستوى دائرة على نفسه ينبغي ان نجعل هذا الجزء على شكل الدائرة وهذا هو السبب في جعل سادات الحنفيات والقوارير والقماقم على شكل مستدير
(اجراء العملية في اللعب البخارية)

نستعمل الخاصية الموجودة في الدائرة استعمالاً جيداً في تركيب الآلات البخارية وهي انما تدور على نفسها بدون ان تنقطع نقطة من نقط دوائرها عن من المحيط المجوف المشتل عليها ونشرح لك هذا الاستعمال عند ذكر اللعب البخارية المستديرة

(تقسيم الدائرة وتطبيقها على قياس الزوايا)

ينبغي لنا معرفة قاعدة ضرورية قبل توضيح هذه القسمة

وهي انه اذا كان قوسا الدائرة اللذان هما $\widehat{ا م ب}$ و $\widehat{ا د ن ه}$ (شكل ١١) متساويين فان وترى هذين القوسين وهما $\widehat{ا ب}$ و $\widehat{ا د ه}$ يكونان متساويين وكذلك اذا كان وتر $\widehat{ا ب}$ و $\widehat{ا د ه}$ (شكل ١١) متساويين ووضعنا الوتر الثاني على الاول فان قوسى $\widehat{ا م ب}$ و $\widehat{ا د ن ه}$ ينطبقان على بعضهما وبصيران متساويين فاذن اذا رسمنا في دائرة ما عدة اوتار متساوية مثل $\widehat{ا ب}$ و $\widehat{ب ث}$ و $\widehat{ث د}$ و $\widehat{د ه}$ (شكل ١٢) فان الاقواس المطابقة لها تكون متساوية ايضا وبناء على ذلك نقسم محيط الدائرة الى اجزاء متساوية بقدر ما يمكن رسمه من الاوتار

(بيان الطرق السهلة التي يمكن استعمالها في تقسيم الدائرة وهي)

أولاً لاجل تقسيم الدائرة الى خمسين متساويين يكفي ان نعلم من المركز قطر

أ ب (شكل ١٣)

ثانياً لاجل تقسيمها الى ثلاثة اجزاء متساوية ينبغي ان نقسمها الى ستة

اجزاء ونعتبر كل جزئين منها بمنزلة جزء واحد (شكل ١٥)

ثالثاً لاجل قسمتها الى اربعة اجزاء متساوية يلزم ان نمد قطر ثانياً ك قطر

د هـ (شكل ١٣) عموداً على قطر أ ب الاول

رابعاً لاجل قسمتها الى خمسة اجزاء متساوية (شكل ١٤) نبثني

بقسمة المحيط الى عشرة اجزاء متساوية ثم نقترب كل جزئين منها بمنزلة جزء واحد

كافي الطريقة الثانية

خامساً لاجل قسمتها الى ستة اجزاء متساوية (شكل ١٥) يلزم ان

نجعل نصف قطر الدائرة وتر السكك جزء

والخط العمودي الممتد من منتصف كل وتر القاسم للقوس المحصور به الى

خمين متساويين ينشأ عنه طريقة تقسيم محيط الدائرة الى ثمانية اجزاء

متساوية (شكل ١٣) وذلك اذا اعتبرنا القسمة رباعية متساوية

الاجزاء وينشأ عنه ايضا تقسيم المحيط المذكور الى اثني عشر جزءاً

(شكل ١٥) اذا اعتبرنا القسمة سداسية متساوية الاجزاء

والجزء الخامس عشر من المحيط يساوي السدس ناقص العشر

وحيث كان من شأن هذه العمليات البسيطة انها توجد دائماً في رسم الآلات

ومحصولات الصناعة وجب على ارباب الحرف التمرن عليها

وبعد ذكر القواعد الصعبة الناشئة عن علم الهندسة ينبغي لنا ان نذكر قاعدة

قريبة من تلك القواعد يمكن استعمالها في كثير من الصور

وحاصلها انه حيث كان نصف قطر الدائرة مساوياً ١٠٠٠٠ كان طول

كل وتر حاصر لجزء من المحيط مساوياً للاعداد الموجودة في هذا الجدول بقطع

النظر عن كسور الاحاد

وتر نصف المحيط

٢٠٠٠٠

وتر ثلثه

١٧٢٣٤

وتر ربعه

١٤١٤٠

وتر خسه

١١٧٤٦

وتر سدسه

١٠٠٠٠

وتر سبعة

٨٦٧٢

وتر ثمنه

٧٦٥٤

وتر تسعة

٦٨٤٠

وتر عشرة

٦١٨٠

وتر الجزء الحادى عشر

٥٥٢٤

وتر الجزء الثانى عشر

٥٥٧٦

وهذا الجدول الصغير يسهل علينا ايجاد اقتراج البيكار اللازم لقسمة الدائرة الى عدة اجزاء متساوية بقدر ما يراد من ابتداء النصف الى الجزء الثانى عشر

ثم يحصل لنا فوراً بواسطة الطريقة التى ذكرناها آخفاً لاخذ نصف القوس

اقتراج البيكار الذى يطابق

١٤ و ١٦ و ١٨ و ٢٠ و ٢٢ و ٢٤ و ٢٨ الخ اضعف

٧ و ٨ و ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ و ١٤ الخ

وبعد ان ينال الطريقة السهلة لقسمة القوس الى جزئين متساويين بحضامدة

طويلة عن قاعدة هندسية متينة تقسم بها هذا القوس الى ثلاثة اجزاء

متساوية فلم نعتريها

(بيان استعمال اقواس الدائرة فى قياس الزوايا)

حيث كانت الزوايا قابلة للزيادة والنقصان امكن جعل احداها وحدة المقياس

والاستدلال على سائر الزوايا الاخرى بارتفاع الارتفاع الى عدد المرات التى تحتوى عليها

هذه الزاوية واقسامها (راجع الدرس الاول)

وعوضا عن جعل زاوية أ ش ب (شكل ١٦) وحدة القياس
استحسن اخذ قوس أ ب الواقع بين ضلعي الزاوية والمرسوم من نقطة
 ث المركزية

وعما يسهل علينا مشاهدته اتنا اذار سمنا عدة انصاف اقطار مثل أ ش أ
و أ ش ب و ب ش د و ش ه على ابعاد بحيث تكون فيها زوايا
 أ ش ب و ب ش د و د ش ه متساوية امكن وضع هذه
الزوايا على بعضها فاذاً تكون اقواس أ ب و ب د و د ه
المنطبقة انطباقاً كلياً على بعضها متساوية

فاذا اخذنا اثنين او ثلاثة او اربعة من الزوايا المتساوية للاحد لتوالت منها
زاوية واحدة فانه يلزم ان نأخذ ايضا مرتين او ثلاثا او اربعة القوس المطابق
لاجل تحصيل القوس المظروف في الزاوية الجديدة وبناء على ذلك يكون هذا
العدد الا على عدد مرات احتواء هذه الزاوية الجديدة على وحدة مقياس
الزوايا ويبدل ايضا على عدد مرات احتواء القوس المطابق لهذه الزاوية الجديدة
على وحدة مقياس الاقواس

ويمكن بدون تغيير هذه الاعداد ان نأخذ قياس الزوايا والاقواس على حسب
ما يراد وقد استحسن في ذلك استعمال الاقواس وهالكيفية العملية

وهي ان تقسم الدائرة الى اربعة اجزاء متساوية فينشأ عنها اربعة ارباع من
المجيب نستعمل قياس الزوايا الاربع القائمة التي تتجمل على سائر المسافات
الموجودة حول نقطة ث المركزية

ثم تقسم كل ربع الى تسعين جزءاً متساوية تسمى بالدرجات

فاذاً يكون محيط الدائرة محتوي على ٩٠ اربع مرات او على ٣٦٠
درجة ويظهر ان هذه القسمة غير مستحسنة بالنظر للطريقة الاولى بل لالعلاقة
بينها وبين القسمة على ١٠٠ او ١٠٠٠٠ الخ ومع ذلك فيترتب عليها

الدرجة الواحدة تساوى	١١١ ١١١	مترا
الدقيقة الواحدة تساوى	١٨٥٢	مترا
الثانية الواحدة تساوى	٣٠٨	امتار
الثالثة الواحدة تساوى	$\frac{1}{4}$	مترو بعض شئ

واما على المذهب الحديد فتكون الدرجة جزأ من مائة من ربيع المحيط والدقيقة جزأ من مائة من الدرجة والثانية جزأ من مائة من الدقيقة وهلم جرا وعلى ذلك تكون هذه الاجزاء بالنظر الى دائرة خط نصف النهار الارضى

هكذا

الدرجة الواحدة تساوى	١٠٠٠٠٠	مترا
الدقيقة الواحدة تساوى	١٠٠٠	مترا
الثانية الواحدة تساوى	١٠	امتار
الثالثة الواحدة تساوى	١	دسيتر
الرابعة الواحدة تساوى	١	ملتر

(بيان تقسيم الدائرة المستعمل في تركيب الآلات)

تقسيم محيط الدائرة الى اجزاء متساوية من العمليات الضرورية في كثير من الفنون لاسيما في صناعة الآلات كرسم الطائرات المضرة اللازمة للتعشق والاسطوانات المعدة للغزل الميكانيكى كالقطن والكتان والتيل ونحو ذلك وبقدر الاعتناء باجراء هذه العمليات قلة وكثرة تختلف بسهولة الحركات المتولدة من التعشق وصعوبة تهاهلا بد من الضبط الهندسى لانه لا يمكن مجانبته ضعف القوة ووقوفها وانعدامها الا به حيث ان ذلك كله لا يحدث الا عن عدم انتظام حركة الآلات وعدم صحتها

ومن المهم ككون ارباب الصنائع لا يستعملون الطائرات المضرة والاسطوانات المحوفة بدون ان يعرفوا هل هذه الاضراس والتجوينات تقسم محيط الدائرة الى اجزاء متساوية مشاهدة ام لا ومعرفة ذلك هى التى تكسب صانعى الآلات قوة في طرق صناعاتهم وقد حصل للصناعة الفرنسية

في ذلك وفر عظيم من القوى المنقولة حتى بلغت محصولاتها اقصى الدرجات
بعد ان كانت محتاجة الى اتقان الصناعة

*** (بيان الآلات المعدة لقياس الزوايا) ***

يستعمل لقياس الزوايا عدة من الآلات التي تكون فيها الدائرة منقسمة الى
درجات واجزاء درجات فمن المنقلة وهي اسمها واكثرها استعمالا
وهي نصف دائرة من الفخاس او انما يحيطها مدرج فان كانت من الفخاس
كان جرم م د ح ث (شكل ١٧) ظاهرا يينا وكان مركز ث
معينا بقطعة صغيرة وفيه ايضا دعتان صغيرتان وهما م و ح يبينان
نقطتين اخريين من قطر م ث ح المرسوم على المستوى الخفي اخفا محكما
بواسطة جانب م ث ح من الجزء المستقيم الدال على القطر وان كانت
الآلة المذكورة من العاج فلا تحتاج للقطع المذكورة لان الرسم يظهر من
سمكها وهذا من التوائد العظيمة

وتستعمل الآلة المذكورة لا خذ اقراج اى زاوية كانت كزاوية
س و ص ونقله الى وضع اخر

واذا اريد رسم مستقيم مثل س ا ص المار بنقطة ا المفروضة الذي
حدث منه ومن مستقيم ه ب د المعلوم زاوية مشتملة على عدة درجات
مثل ا ب ق ا فانساع المنقلة بالتوازي جهة نقطة ا بشرط ان يكون
مركز ث دائما على ه د وكذلك نقطة د الدالة على عدد درجات
زاوية ا ث ب ومتى اتصل خط م ر ن الذي هو قاعدة المنقلة
الموازية لقطر م د بنقطة ا فان هذا الخط يستعمل مسطرة لرسم
خط س ص المطلوب حيث ان لهذه القاعدة سمكا ظاهرا

*** (الغرافومتر) ***

هي آلة عند المساحين مضاهية للمنقلة ومؤلفة مثلها من نصف محيط
مقسوم الى عدة درجات غير انها اكبر منها وهي موضوعة على رجل لها

ثلاثة فروع وعلى اطراف نصف محيطها المدرج الواح صغيرة من النحاس وفيها انراج مستقيم عمودي على مستوى الدائرة وبواسطة لاخراجين الذين يطلق عليهما اسم العيون عند الوقوف خلف احدهما والنظر الى الآخر تدير الغرافومتر الى ان تصير في الاتجاه الصحيح لغرض معلوم والقطر المتحرك حول المركزه ايضا عينان فتدير من النقطة التي ذاتها فانيا بواسطة الانراجين نجد عرضا ثانيا في هذا يظهر لنا قياس الزاوية المؤلفة من خطين مستقيمين مارين بمركز الغرافومتر وبفرضين محدودين كل على حدته ونجد فوق مدرجات الآلة الدرجات التي تفصل القطرين وهذا العدد هو مقدار الزاوية المطلوبة

وهناك آلات اخرى صالحة لقياس الزوايا غير انها ليست الاربع الدائرة المدرجة وهي التي يطلق عليها اسم الآلات المربعة واخرى ليست الاسدسها وهي التي يطلق عليها اسم الآلات المسدسة واخرى ليست الا الثمن وهي التي يطلق عليها اسم الآلات الثمينة وتستعمل جميع هذه الآلات في عمليات علم الجغرافيا اي مساحة الارض وفي عمليات الملاحة لاجل قياس الوضع الخصوصي للاجسام الارضية والكواكب عند ركوب البحر ويستعمل لذلك الدوائر الكاملة التي تسمى باسم الدوائر المكررة لانه يكررها في الملاحظات بحيث ان الغلطات المتنوعة التي يمكن حصولها في العمليات الختلفة يمكن اصلاح بعضها فيقل مجموعها

وبقطع النظر عن العيوب اللازمة لتركيب هذه الآلات يوجد فيها غلط اصلي من حيث عدم تساوي تقسيمات الدائرة لانه لا يمكن ليد الانسان ان تفصل الى هذه التقسيمات كما يتصورها عقل المهندس اعني مع الصحة الدقيقة بل انه ينقص الغلطات الخفية بان يبحث عن معرقها بواسطة الآلات التي تجعل الغلطات البسيطة محسوسة ظاهرة

(بيان الآلات المعدة لتقسيم الدوائر)

قد صنعوا آلات معدة لتقسيم الدوائر مع غاية السرعة والاضبط وكيفيةها

انهم يرسمون على لوح مثلا كثيرا من الدوائر المتحدة المركز ولاجل الانتقال من الدائرة الصغرى الى الدائرة الكبرى يقسمون بالتوالي الاولى الى ثلاثة اجزاء متساوية والثانية الى اربعة والثالثة الى خمسة والرابعة الى ستة والخامسة الى سبعة وهم جرا

وينبغي مزيد التدقيق والاهتمام في القسمة الاولى واختبارها عدة مرات بواسطة احدى القواعد التي ذكرناها آنفا

فاذ فرضنا الآن ان المطلوب تقسيم دائرة اخرى او جزء دائرة الى اجزاء متساوية فانه ينبغي وضع هذه الدائرة الجديدة على وجه بحيث يكون مركزها على محور واحد مع جميع الدوائر المدرجة (وفي هذه الحالة ينبغي للمعلم ان يرسم الالة مع مشاهدة الالة المعدة للتقسيم)

ولا تكون هذه العملية مضبوطة الا اذا كان مركز القطعة المراد تقسيمها بالدرج موضوعا على المركز المشترك بين الدوائر المدرجة قبل ذلك وقد عرف مسيو غنبي الصانع الشهير القرنساوي بواسطة الاستعمال السهل للمتمازيات طريقة تدارك الضرر وتقسيم المحيط الذي ليس متعدد المركز مع اللوح المقسوم سابقا مع غاية الضبط

ولنفرض ان ا ث ب هي القطعة التي يراد عليها رسم قوس الدائرة الذي هو ا ب المنقسم الى درجات موافقة بالكلية لدرجات اللوح وان

مستطيل ش م ن ح خ التسام الزوايا يكون موضوعا على وجه بحيث يكون ضلعاه الذان هما ش م و ح خ متجهين دائما جها

مركز ث من قطعة ا ث ب المراد تقسيمها ولا يكون هذان الضلعان متحركين الا بالتوازي لموضعهما الاصل وحيز يدور اللوح بكمية

ككمية ٥٠ درجة فان ضلع و ث يتحول الى و ث ا وضلع ش ب

يتحول الى ش د وتكون زاوية ا ث د متساوية ٥٠ درجة لكن في هذا التحويل لا يوجد تغير في اتجاه مستطيل ش م د ح خ التحول

الى هذه الحركة ويكون خط $ح خ$ دائما على مستقيم واحد مع مركز القوس وهو $ث$ فينتج اذن صور $ث ا$ و $ث ب$ على قطعة $ح$ يعين $ع$ على قطعة $ا ب$ عدة نقط متساوية البعد من نقطة $ث$ المركزية اعني قوس الدائرة التي مركزها $ث$ ثانيا اذا دار السطح درجة واحدة فان $د ا ل$ يسير ايضا درجة واحدة على القطعة المراد قسمتها
 (الدرس الرابع)

في بيان الاشكال المتنوعة التي يمكن جعلها المحصولات الصناعة بواسطة الخط المستقيم والدائرة

قد يوجد في الاشكال المستوية بخطوط مستقيمة اشكال منتظمة وغير منتظمة وبسيطة ومركبة ولا تقتصر على تعريف الاشكال المستعملة كثيرا عند ارباب الفنون فنقول

لا يمكن ان الخطين المستقيمين المتوازيين او غير المتوازيين يملآن بالكلية مسافة

واقل ما يلزم لتحصيل هذه النتيجة ثلاثة خطوط غير متوازية ويطلق اسم المثلث المستوي على المسطح المملوء بثلاثة خطوط مستقيمة ولا بد ان يميز في كل مثلث كمثل $ا ب ث$ (شكل ١) اضلاعه الثلاثة التي هي $ا ب$ و $ب ث$ و $ث ا$ وزواياه الثلاثة ورؤوسها الثلاثة التي هي $ا$ و $ب$ و $ث$

وفي زوايا كل مثلث خاصية شهيرة للفنون وهي ان مجموعها يساوي دائما زاويتين قائمتين اي ما كان عظم المثلث وشكله

ولاجل البرهنة على ذلك (شكل ٢) نمد ضلع $ا ب$ الى $ب ه$ ونجعل $ب د$ موازيا لخط $ا ث$ وحيث كان متوازيا لـ $ا ث$

و $ب د$ مقطوعين بمستقيمي $ا ب ه$ و $ب ث$ نحصل معنا اولاً ان زاوية $ث ا ب$ تكون مساوية لزاوية $د ب ه$ ثانياً ان زاوية

ا ب تكون مساوية لزاوية ث ب د فاذا ن يكون مجموع
 ا ب و ب التي هي زوايا مثلث ا ب ب الثلاثة مساويا
 لمجموع زوايا ا ب ب و ث ب د و د ب ه الثلاثة التي
 تشغل جميع المسافة من جهة مستقيم ا ب ه بمعنى انه يساوي زاويتين
 قائمتين

ومن الآن فصاعدا متى امكن معرفة زاويتين من المثلث امكن معرفة الثالثة
 ويكفي لذلك الجمع والطرح

ولنفرض مثلا ان مقدار احدى هاتين الزاويتين $\frac{37}{49}^\circ$ والاخرى $\frac{49}{86}^\circ$
 فاذا اضفنا ٤٩ الى ٣٧ كان مجموعهما ٨٦ درجة فاذا طرحنا
 هذا المجموع من زاويتين قائمتين او من $\frac{180}{94}^\circ$ كان الباقي ٩٤ درجة
 فاذا ن تكون الزاوية الثالثة مساوية ٩٤ درجة

وحيث ان مجموع ثلاث زوايا كل مثلث يساوي زاويتين قائمتين ينبغي ان
 احدى الزوايا تساوى صفرا اعنى انها تكون معدومة بالكليية حتى يصير
 الزاويتان الاخرتان قائمتين فاذا ن لا يكون المثلث محتويا الا على
 زاوية قائمة

ومن باب اولي لا يكون في مثلث ا ب ب (شكل ١) الا زاوية
 منفرجة كزاوية ا اعنى انها اكبر من زاوية قائمة وهذا ما يسمى بالمثلث
 المنفرج الزاوية

ويمكن ان تكون زوايا مثلث ا ب ب الثلاثة حادة (شكل ٢)
 فيطلق عليه اسم مثلث حاد الزوايا

ومثلث ا ب ب قائم الزاوية (شكل ٢٣) هو الذي يحتوى على زاوية قائمة
 مثل ب ووتر الزاوية القائمة الذي هو ا ب هو الضلع الاكبر المقابل
 لهذه الزاوية

ولنقابل الآن اضلاع المثلث ببعضها فنقول

حيث ان الخط المستقيم هو اقصر بعد يصل بين نقطتين تحصل لنا من ذلك انه في كل مثلث يكون الضلع الواحد اصغر من مجموع الضلعين الاخرين

والضلع الاكبر وهو $\overline{ا ب}$ من ضلعي المثلث اللذين هما $\overline{ا ب}$ و $\overline{ا ث}$ هو المقابل للزاوية الكبرى وهي $\overline{ب}$ من هذا المثلث (شكل ١)

ولذا نأخذ $\overline{ا ب} = \overline{ا ب}$ و $\overline{ا ث} = \overline{ا ث}$ ثم نجد $\overline{ب}$

و $\overline{ث}$ فتكون زوايا $\overline{ا ب}$ و $\overline{ا ب}$ و $\overline{ا ث}$

و $\overline{ا ث}$ متساوية وزيادة على ذلك تكون زاوية $\overline{ا ب}$ $\overline{ا ب}$ اكبر

من زاوية $\overline{ا ب}$ و زاوية $\overline{ا ب}$ اصغر من زاوية $\overline{ا ث}$

فاذن تكون زاوية $\overline{ا ب}$ اكبر من زاوية $\overline{ا ث}$

(شكل ٣) المثلث المتساوي الاضلاع هو ما كانت اضلاعه الثلاثة متساوية

كمثلث $\overline{ا ب}$

(شكل ٤) المثلث المتساوي الساقين هو ما كان فيه ضلعان متساويان فقط

كمثلث $\overline{ا ب}$

فاذا اعتبرنا ضلعي $\overline{ا ب}$ و $\overline{ا ب}$ المتساويين (شكل ٤) متساويين

بالنسبة لقاعدة $\overline{ا ب}$ فان عمود $\overline{ا ب}$ يقع على منتصف هذه القاعدة

ويقسم المثلث الى جرفين متساويين ويكون تماثلهما مثبتا لتعريف انتظام

المثلث المتساوي الساقين

ولاجل تكميل قوانين التماثل بسقف البناء اذ اغلب البيوت والعمارات العامة

بسطح جانبية مثلث متساوي الساقين وقد كان هذا المثلث منفرج الزاوية

في هياكل اليونان القديمة وفي بيوت ايطاليا (شكل ٥) وحاد الزوايا

في مقوف النواويس والعمارات الفوطية القديمة (شكل ٦)

واذا اريد رفع الاحمال يستعمل لذلك آلة تسمى بالملف اي آلة الجدي (شكل ٧)

وهي مركبة من قطعتي خشب منهدى الطول ومتصلتين من احد طرفيهما
 في نقطة θ ومنفصلتين من الطرف الاخر بعارضة AB ويمر الجبل
 المستعمل لرفع حمل D بكرة ثابتة في نقطة θ ويكون مثلث $AB\theta$
 المدلول عليه بالآلة الجدى متماثلا اي متساوي الساقين فاذن يكون العمود
 النازل من نقطة θ على قاعدة AB قاسما لتلك القاعدة الى قسمين
 متساويين

ويحتاج غالبيا في القنون الى رسم مثلث يعلم منه بعض اجزآء وهالك كيفية
 العمل

اولا اذا عرفنا ثلاثة اضلاع يعبر عنها برقم ١ و ٢ و ٣ (شكل ٩)
 فالتابدا برسم خط مستقيم كنقط AB مساو لضلع ٣ في الوضع الذي
 ينبغي فيه رسم المثلث ثم نرسم من نقطة A المعتبرة مركزا بواسطة انقراج
 بيكار مساو لضلع ٢ قوس الدائرة الذي هو θ ونرسم من نقطة
 B المعتبرة مركزا ايضا بواسطة انقراج بيكار يساوي ضلع ١ قوس
 الدائرة الذي هو C ثم نعلم من نقطة θ التي يتقاطع فيها القوسان
 مستقيمي θA و θB فيكون $AB\theta$ هو المثلث
 المطلوب

ثانيا متى علم ضلعان كضلعي ١ و ٢ وزاوية A (شكل ١٠)
 فالتابدا برسم خط AB المساوي لضلع ٢ في وضع لائق ثم نرسم بالآلة
 معدة لقياس الزوايا (كلثقله والبيكار وغيرهما) خط AC بشرط
 ان تكون زاوية B AC مساوية لزاوية A ونجعل AC
 مساويا لـ AB وبالجله اذا مددنا مستقيم BC حدث المثلث
 المطلوب

ثالثا متى علم ضلع ١ وزاويتا A و B اللتان رأسهما في نهايتي هذا
 الضلع (شكل ١١) واريد رسم المثلث فالتابدا برسم خط AB مساويا

ا ثم نرم على التوالي بواسطة آلة معدة لنقل الزوايا مستقيمي ا ب

و ب ث اللذين يحدث منهما مع خط ا ب زاويتا ا و -

فاذن يكون ا ب ث هو المثلث المطلوب

وحيث كانت هذه العمليات وجيزة بالكافية وجب على المدروسين تكرارها

في اغلب الاوقات للطلبة بواسطة المسطرة والبيكار

وقد ذكرنا آنفا لرسم المثلث ثلاث صور اولا بفرض ثلاثة اضلاع معلومة

ثانيا بفرض ضلعين والزاوية الواقعة بينهما ثالثا بفرض زاويتين والضلع

المختصر بين رأسيهما وقد وجدنا هذه المقروضات كافية في كل صورة

فاذن ينتج اولا انه اذا تساوت اضلاع المثلثين متى متى كان هذان المثلثان

متساويين وهذا هو المثلث المرسوم بواسطة المقروضات في مواضع

مختلفة

ثانيا اذا كان ضلعان من اضلاع المثلثين والزاوية الواقعة بينهما متساوية

في المثلثين المذكورين من كلتا الجهتين كان المثلثان متساويين

ثالثا اذا كانت زاويتان من زوايا المثلثين والضلع الواقع بينهما متساوية من

كلتا الجهتين فان المثلثين يكونان متساويين

فاذن (شكل ٨) اذا كان مثلثا ا ب ث و ا ب ث متساويين

تقول

اذا فرضنا في النتيجة الاولى ان ا ب يساوي ا ب و ب ث يساوي

ب ث و ا ب يساوي ا ب وفي الثانية ان ا ب يساوي ا ب

و ب ث يساوي ب ث و زاوية ب تساوي زاوية ب وكان

كل من زاويتي ب و - مختصرين ا ب و ب ث و ا ب

و ب ث وفي الثالثة ان ا ب يساوي ا ب و زاوية ا تساوي

زاوية ا و زاوية ب تساوي زاوية ب فان ذلك يستلزم ما يأتي

وهو ان ارباب الصنائع يذكرون دائما هذه الشروط الثلاثة الخاصة بتساوى
المثلثات ويستعمل هذا التساوى بكثرة في عمليات الصناعة وفي براهين الهندسة
والميكانيكة

فاذا اقتد احد الشروط الثلاثة التي بمقتضاها يكون المثلثان متساويين لم يمكن
تساوى هذين المثلثين حيث ان في احدهما زاوية او ضلعا لا مساوى له في
المثلث الاخر ويجب علينا اذا اردنا ممارسة القنون بطريقة واضحة ان نعرف
بإشارات سهلة الشروط اللازمة لكل عملية وبهذه الشروط لا يحصل الغلط
في العملية بل يكون وجودها دليلا على صحة تلك العملية

(بيان الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة)

هنالك اشكال مثل $\triangle ABC$ (شكل ١٢) مغلوقة غلقا محكما
بواسطة اربعة خطوط مستقيمة لها اربع زوايا واربعة رؤس مثل A و B
و C و D

ويطلق اسم قطري الشكل على خطي AC و BD المستقيمين اللذين
يصلان رؤس الزوايا المتقابلة ببعضها

والاشكال التي لها اربعة اضلاع تختلف في الانتظام

فشيبه منحرف $ABCD$ (شكل ١٣) هو شكل له اربعة اضلاع
اثنان منها متوازيان كضلعي AB و CD

وقد يكون شيبه المنحرف مستطيلا (شكل ١٤) اذا كان الضلع الثالث
الذي هو BC عمودا على ضلعي AB و CD المتوازيين

ويكون شيبه منحرف $ABCD$ (شكل ١٥) متماثلا اذا كان
ضلعا AD و BC غير المتوازيين متساويين على حد سواء بالنسبة
للضلعين الآخرين

ويتركب السطح بالنظر ابعاض العمارات المنتظمة من مثلث متساوي

السابقين كثلث م د ث (شكل ١٥) في الجزء الاعلا من هذا السطح ومن شبيه منحرف متماثل مثل ا ب ث د في الجزء الاسفل منه وهذا ما يسمى بالفرنساوية مناسرد اخذ من اسم مناسرد البناء المخترع لهذا السطح ويكون منتصب م ه ف خط تماثل الثلث وشبيه المنحرف المذكورين

ومتوازي الاضلاع (شكل ١٦) هو ما كانت اضلاعه الاربعة موازية لبعضها اثنين اثنين

(بيان اجراء العمليات)

متوازي الاضلاع هو الذي يستعمل دائما في الفنون وبكثرة في تركيب الآلات لتحصيل ما يطلق عليه اسم الحركة المتوازية وعلى حسب خواص المتوازيات التي ذكرناها في الدرس الثاني تكون زوايا متوازي الاضلاع المتقابلة اعني زاويتي ا و ث من جهة وزاويتي د و ب من جهة اخرى متساوية ويكون اثنان منها حادتين واثنان منفرجتين وزيادة على ذلك اذا اضفنا زاوية حادة الى زاوية منفرجة كان مجموعهما مساويا لزاويتي قائمتين

وبناء على ذلك اذا مددنا الى ث ه (شكل ١٦) ضلع د ث وكان مستقيما ا د و ب ث متوازيين فان زاوية ا د ث تكون مساوية لزاوية ب ث ه وزاويتي د ث ب و ب ث ه يساويان زاويتي قائمتين

وحيث اثبتنا (في الدرس الثاني) ان المتوازيين المتحصرين بين متوازيين آخرين متساويان ينتج من ذلك ان اضلاع متوازي الاضلاع المتقابلة تكون متساوية فاذن ا ب يساوي ث د و ا د يساوي ب ث ونقطة و التي يتلاقى فيها قطرا الشكل موجودة في منتصف كل

منهما

ويبينان يقال حيثان اوث و دوب (شكل ١٦) هما
 قطرا الشكل يكون مثلثا ابو و دثو متساويين وذلك
 لانه اولا اب = دث * ثانيا زاوية ودث = زاوية
وبا * ثالثا زاوية وثر = زاوية واب على حسب
 خواص المتوازيات فاذن وب = ود و وا = وثر
 واكبر قطري الشكل اللذين هما اث و بد (شكل ١٧) هو
 ما كان مقابلا لزاويتي ب و د الكبريين وهو اث كما سبق
 ويبينان اننا اذا رسمنا خطي د و ثف عمودين على ضلعي اب
 و ثر فان هذين العمودين يكونان متساويين ولكن ب اصغر
 من ا فاذن يكون دب اقصر من مائل اث
 ويطلق اسم المعين على متوازي اضلاع ابثر (شكل ١٨) الذي
 اضلاعه الاربعة متساوية وهذا الشكل ظريف بسبب انتظامه وهو كثير
 الاستعمال في فنون الزينة
 فاذا كان ضلعان من متوازي الاضلاع على شكل زاوية قائمة فان اضلاعه
 الاربعة تكون كذلك
 ويبين ذلك انه اذا كانت زاوية ا (شكل ١٩) قائمة في متوازي
 اضلاع ابثر كان ضلع اد عمودا على ضلع اب وكذلك
بث بالنسبة لضلع اب وكانت زاويتي ا و ب قائمتين
 وكذلك زاويتي د و ثر المساويتان لهما
 وفي هذه الحالة يطلق على الشكل اسم المستطيل (شكل ١٩) وهو الذي
 يكون فيه ايضا اث و بد اللذان هما قطرا الشكل متساويين

ولاجل البرهنة على ذلك يكفي ان نلاحظ ان مثلثي $\triangle ABC$ و $\triangle ACD$ قائمي الزوايا متساويان \because اولا لان زاوية $\angle C$ القائمة تساوي زاوية $\angle A$ القائمة \ast ثانيا لان ضلع \overline{AC} مشترك بين المثلثين فيكون متساويا بالنظر لكل منهما \ast ثالثا لان ضلع \overline{AB} من زاوية $\angle B$ في المثلث الاول يساوي ضلع \overline{AD} من زاوية $\angle A$ في المثلث الثاني فاذا كان يكون ضلع \overline{BC} الثالث من زاوية $\angle B$ مساويا لضلع \overline{CD} الثالث من زاوية $\angle D$ وحيث ان \overline{AC} و \overline{BD} قطري الشكل

وتكون الاضلاع الاربعة من مربع \overline{ABCD} (شكل ٢٠) متساوية وكذلك زواياه الاربعة

فاذا اختصرنا خواص الاشكال ذات الاضلاع الاربعة لزم ان نذكر الكيفيات الاتية التي ينبغي ان تكون راسخة في عقول الصناعيين وهالك بيانها

ففي المربع تكون الزوايا الاربعة متساوية وقائمة وكذلك اضلاعه الاربعة تكون متساوية ويكون قطرها شكله متساويين ايضا

وفي المستطيل تكون الزوايا الاربعة متساوية وقائمة ويكون ضلعاه الطويلان متساويين وكذلك ضلعاه القصيران ويكون قطرها شكله متساويين ايضا

وفي المعين تكون اضلاعه الاربعة متساوية ويكون فيه زاويتان منفرجتان متساويتين وزاويتان حادتان متساويتين ايضا ويكون قطرها شكله غير متساويين

ويكون في متوازي الاضلاع ضلعان كبيران متساويين وزاويتان كبيرتان متساويتين وضلعان صغيران متساويين وزاويتان صغيرتان متساويتين ويكون قطرها شكله غير متساويين ويكون اكبرهما مقابلا للزاويتين الكبيرتين واصغرهما مقابلا للزاويتين الصغيرتين

* (بيان تماثل الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة) *

اذا تمناجزاً من هذه الاشكال على جزء آخر مساو له فالتاثير هن اولا على ان شبيه المخرف ذا الاضلاع المائلة المتساوية (شكل ١٥) يكون متماثلاً بالنسبة لمستقيم هـ ف المار بمتصف قاعدتيه وثانياً على ان المستطيل (شكل ١٩) يكون متماثلاً بالنسبة لكل خط مستقيم ممتد من منتصف الضلعين المتقابلين وثالثاً على ان المعين (شكل ١٨) يكون متماثلاً بالنسبة لاحد قطري شكله ورابعاً على ان المربع (شكل ٢٠) يكون متماثلاً بالنسبة لقطري شكله وبالنسبة لكل خط مستقيم مار بمتصف اضلاعه المتقابلة ولهذا التماثل الموجود في الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة فائدة عظيمة في الثنون والميكانيكة

ومن المعلوم ان مجموع ثلاث زوايا من كل مثلث يساوي زاويتين قائمتين

وايضاً كل شكل ذي اربعة اضلاع مثل ا ب ث د (شكل ١٢) يمكن تقسيه الى مثلثين كمثلثي ا ب ث و ا ب د اللذين يكون مجموع الزوايا الثلاثة في كل منهما مساوياً لزاويتين قائمتين وزيادة على ذلك يكون مجموع الزوايا الستة من هذين المثلثين مساوياً لمجموع زوايا شكل ا ب ث د الاربعة فاذن يكون مجموع الزوايا من كل شكل ذي اربعة اضلاع مساوياً لاثنتين من الزوايا مضروبتين في مثلها ما عني اربع زوايا قائمة

واذا وجد شكل مخمس مثل ا ب ث د هـ (شكل ٢١) فانه يمكن ان نغذ من رأس ا مستقيماً ا ث و ا د الى رأس ث و د وبهذا يتقسم الشكل الى ثلاث مثلثات يكون مجموع زواياها التسعة مساوياً

لمجموع خمس زوايا من شكل ا ب ث د هـ

فاذن يكون مجموع الزوايا من كل شكل مخمس مساوياً لثلاث زوايا مضروبة في اثنتين اي لست زوايا قائمة

فإذا تتبعنا هذه الطريقة وجدنا مجموع الزوايا بالنظر لكل شكل له من الاضلاع

٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ و ٨ مساويا لمجموع

٢ و ٤ و ٦ و ٨ و ١٠ و ١٢ من الزوايا القائمة

* (بيان ما يتعلق بالدائرة والاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة) *

يمكن مروراى دائرة بروس مثلث $AB\Gamma$ الثلاثة (شكل ٢٢)

وكيفية ذلك ان نمد من M الذى هو منتصف AB خط $M\Gamma$ وعودا على

AB ومن Γ الذى هو منتصف $B\Gamma$ خط ΓA وعودا على

$B\Gamma$ فتكون نقطة D التى يتلاقى فيها هذان العمودان على بعد واحد

من رؤس A و B و Γ الثلاثة فاذن تكون هذه النقطة مركز

الدائرة التى تمر بالنقط الثلاثة المذكورة

وكل مثلث رؤسه الثلاثة موضوعة على محيط الدائرة يسمى مثلثا مرسوما

فى داخل الدائرة

ومتى كان المثلث قائم الزاوية (شكل ٢٣) اعنى متى كان فيه زاوية قائمة

كزاوية B فان نقطة D التى هى مركز الدائرة المارة برؤس المثلث

الثلاثة تكون فى منتصف ضلع AC المقابل للزاوية القائمة وهذا الضلع

يسمى كما سبق بوتر الزاوية القائمة

وهذه الطريقة يسهل بها الوصول الى ايضاح هذه القاعدة

وهى انه فى مستطيل $AB\Gamma D$ (شكل ٢٥) يكون قطرا الشكل

متساويين وكذلك انصافهما المشار اليها بخطوط OA و OB

و OC و OD التى يمكن جعلها انصاف اقطار الدائرة فاذن يمكن دائما

رسم مستطيل فى داخل اى دائرة كانت (شكل ٢٥) وبناء على ذلك يمكن

ايضا رسم اى مربع داخل دائرة كفاى (شكل ٢٦)

واذا علم مثلث $AB\Gamma$ القائم الزاوية (شكل ٢٥) واريد رسم

مثلث ا د ث مساويا له رسمنا مستطيلا في الدائرة التي يكون مركزها في منتصف ا ث فاذن يكون قطر الدائرة المارة برؤس ا و ب و ث الثلاثة من مثلث ا ب ث القائم الزاوية وهي قطعة ب هو ضلع ا ب الاكبر من هذا المثلث

وينبج من ذلك انه يمكن ان يكون كل شكل ذي اربعة اضلاع مثل ا ب ث د (شكل ٢٤) الذي زاوياها المتقابلتان وهما ب و د قائمتان مرسوما في الدائرة التي تمر برؤس هذا الشكل الاربعة

ومن المعلوم ان قطر ا ث يقسم هذا الشكل الى مثلثين قائمي الزوايا مرسومين في الدائرة التي قطرها ا ث

واما الاشكال التي تكون اضلاعها اكثر من اربعة فانها تسمى باسما تدل على عدد زواياها و اضلاعها

مثلا للمضخم من الاضلاع والزوايا ه والمسدس ٦ والمسبع ٧ وللمثمن ٨ وهلم جرا

والذي يستحق الذكر من الاشكال التي يطلق عليها اسم كثير الاضلاع (اعني الاشكال التي لها عدة زوايا) هي الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة لانها كثيرة الاستعمال مع الاهتمام في الصناعة

والاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة هي التي تكون جميع اضلاعها وزواياها متساوية

فعلى هذا التعريف اذا وجدنا نقطة ك نقطة و على بعد واحد من ا و ب و ث التي هي رؤس كثير الاضلاع المنتظم وهو ا ب ث د ه ف نقول انها تكون ايضا على بعد واحد من سائر الرؤس الاخر فاذن ينتج ان ا = ب = و = ث = د وهلم جرا

وبيان ذلك ان مثلثي اوب و بوث المتساويين السابقين
متساويان حيث ان قاعدتيهما المشار اليهما بخطى اب و بث
متساويتان وكذلك اضلاعهما المتماثلة المشار اليها بخطوط وا و وب
و وث فتكون الزوايا المتماثلة مساوية $\frac{1}{2}$ ب حيث ان مجموع
الزاويتين المتوسطتين يساوي زاوية ب ويكون مثلث وثد
مساويا للمثلث وثب لان ضلع وث مشترك بينهما و ثد
يساوي بث كمساواة اضلاع كثير الاضلاع المنتظم لبعضها وزاوية
وثد = زاوية وثب لان احدي هاتين الزاويتين هي
نصف مجموعهما او يبرهن بمثل ذلك على ان مثلثي وده و وهف
وكذلك ما اشبههم مما سوايان للمثلث الاول وبناء عليه يكونان متساويين
السابقين فاذن تكون اضلاعهما المتماثلة التي هي وا و وب
و وث متساوية وعلى ذلك تكون نقطة و على بعد واحد من سائر
رؤس الشكل المنتظم فتكون حينئذ مركز الدائرة المارة بجميع هذه
الرؤس

وقد توجد هذه الدائرة متى امكن مرورها بالرؤس الثلاثة المذكورة وهذا
ما يحصل دائما وينتج من ذلك انه يمكن دائما رسم دائرة يرسم داخلها شكل
كثير الاضلاع المنتظم ولو بلغت اضلاعه في الكثرة ما بلغت
وبالعكس اذا كان المعلوم دائرة وامكن ان يرسم في داخلها شكل كثير
الاضلاع يكون عدد اضلاعه على حسب ما يرايد يكني لذلك ان تقسم محيطها
الى عدة اجزاء متساوية بقدر ما يوجد من الاضلاع في شكل كثير الاضلاع
ونضم نقط التقسيم الى بعضها بواسطة الخطوط المستقيمة
وقد ذكرنا في الدرس الثالث نسب الطول الحاصلة بين اتصاف اقطار الدائرة
وابعاد هذه النقط التي هي في الحقيقة اطوال اضلاع الاشكال كثيرة

الاضلاع وبهذا لا يوجد في ذلك صعوبة

(تطبيق الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة على الاستحكامات المنتظمة)

يستعمل مهندسو الجهادية الاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة في رسم استحكاماتهم المنتظمة بشرط ان يكون عدد اضلاع الاشكال كثيرة الاضلاع على حسب المحل المراد تحصينه ولا يستعملون الثلث المتساوي الاضلاع والمربع الا في الاستحكامات السفرية ويستعملون الخمس والمسدس والسبع في الاطاحة بالاماكن الصغيرة والقلاع ويستعملون ايضا الاشكال التي عددها كثير في الاطاحة بالمدن العظيمة

تطبيق الاشكال المتقدمة على التبايط وتلوين الاخشاب والقزاز والتزيين

الغرض الاصل من المسئلة المستعملة عادة في هذه الاشكال هو كونها ملاء فراغا باشكل منتهية بخطوط مستقيمة ويعلم من ذلك ان هذه المسئلة قابلة لتحويلات عديدة على حسب التركيبات غير المتناهية للخطوط المستقيمة التي يمكن رسمها على اي مستوكان

فاذا اردنا ان تكون جميع الاشكال منتظمة ويكون عدد الاضلاع واحدا صارت المسئلة مجمدة كثيرا ولا يمكن حلها الا بالاشكال الاتية وهي
اولا المثلثات المتساوية الاضلاع التي تتصل رؤسها ستة بنقطة واحدة (شكل ٢٧)

ثانيا المربعات التي تتصل رؤسها اربعة اربعة بنقطة واحدة (شكل ٢٩)

ثالثا المسدسات التي تتصل رؤسها ثلاثة ثلاثة بنقطة واحدة (شكل ٢٨)

ولاجل البرهنة على هذه الدعاوى نذكر الجدول الآتي فنقول ان زوايا الشكل كثير الاضلاع المنتظم الذي له من الاضلاع

٣	و	٤	و	٥	و	٦	و	٧	يكون قدرها
٦٠	و	٩٠	و	١٠٨	و	١٢٠	و	$١٢٨\frac{4}{7}$	

وزوايا الشكل الذي له من الاضلاع

٨ و ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ يكون قدرها

١٣٥ و ١٤٠ و ١٤٤ و ١٤٧ $\frac{3}{11}$ و ١٥٠

وبناء على ذلك تكون ٦ × ٦ و ٤ × ٩ و ٣ × ١٢

= ٣٦°

واذا لم يقسم عدد اخر من اعداد الدرجات ٣٦° الى عدد صحيح الاجزاء فلا يمكن ملء الفراغ الموجود حول نقطة معلومة بزوايا اخر من زوايا كثير الاضلاع المنتظم وانما غلاة بزوايا الاشكال الثلاثية الاضلاع والرباعية والسداسية

تنبية اذا ملئت المسافة التي حول نقطة ما (شكل ٢٧) بستة مثلثات متساوية الاضلاع فانه يتألف من الاضلاع الستة الخارجية سدس منتظم هر سوم داخل دائرة انصاف اقطارها الاضلاع الداخلة وبناء على ذلك تكون اضلاع السدس مساوية لنصف قطر الدائرة المرسوم داخلها وهذا من اعظم القوائد النافعة في الصناعة

ولا تسوخ لنا كثرة الاشياء التي تتعلق بها آمالنا في هذا الكتاب ان نختبر على وجه التفصيل عدة اشكال منتظمة كثيرا او قليلا نحدث للفنون عند انضمامها الى بعضها نتائج عظيمة يتولد من مطالعتها ورسمها للتلازمة ملكة وفطنة

واذا اقتضى الحال عمل التزيين او تلوين الاخشاب او التبليط الذي يمشى عليه لزم ان لا تكون نقطة ما محل اجتماع الرؤس العديدة لانه اذا وضعنا على هذه النقطة قدما او جسما ثقيلا فانها تقادم مع السهولة وقت الانضغاط وهذا هو الذي ينشأ عنه فساد صحة الصناعة وصلابتها

وهذا لا يستعملون في الغالب تركيب المثلثات المتساوية الاضلاع التي تصل

رؤسها ستة ستة بنقط متحدة

ويجذب اتصال رؤس المربعات اربعة اربعة بنقطة واحدة

ومنى اردنا تغطية ارضية بالمربعات المتساوية فانه يتم بتنظيم تلك المربعات او المستطيلات بواسطة الصفوف المستقيمة وياتصال المربعات ببعضها على صف مقابل لمنتصف مربعات الصف الثانى ونستعمل على حسب هذه القاعدة فى تركيب الابنية عادة ابحجارا منحوتة على مقتضى الصورة المطلوبة وموضوعة فى الوضوع المعين فى (شكل ٣٠)

وكان الرومانيون فى الغالب يجعلون شكل المعين للابحجار والقواب التى كانوا يشيدون بها اسوارهم وكانوا يطلقون على نوع هذا الشغل اسم البناء المخصوص (شكل ٣١) لان منظره يشبه الصف شهبانا

ولاستعمال شكل المسدس فى تبليط الاماكن منافع كثيرة (شكل ٢٨) وتتخذ النحل بيوتها على هيئة شكل المسدسات المنتظمة وخاصة هذا الشكل ان النحل عملا مسكنها بقدر معلوم من الشمع

وكان القدماء يشيدون ابنيهم المتينة بكتل كبيرة من الاحجار المنحوتة على هيئة الاشكال كثيرة الاضلاع غير المنتظمة والى الان يوجد كثير من هذه المباني فى بلاد ايطاليا وجزيرة سيليا وبلاد اليونان كالمباني التى يقال لها المباني الصقلوية المعينة فى (شكل ٣٢)

وفائدة البناء بهذه الطريقة هى ان الكتل الكبيرة المعدة لرفع الابنية تستعمل على حالتها الطبيعية بحيث لا ينقص من حجمها الاصلى عند التحت الاثنى قليل جدا

وفى الرصيف الشهير الذى شيده الانكليز لوقاية ميناء مدينة بلوموتة من شدة تلاطم امواج البحر كسوا اعلاه ومنحدره الداخلى من الجزء الاعلى بقطع غليظة من المرمر معشقة ببعضها ومفصلة كالمباني الصقلوية وبهذا التعشق لا يمكن ان البحر يدفع كتله واحدة وانما يجعل كل كتله من هذه الكتل مقوية لصلابة الجميع

(بيان الاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة واقواس دائرة) *

اذ اتوحدت الاشكال المولفة من خطوط مستقيمة امكن لنا ان نعرف كثرة هذا التنوع الموجود في الاشكال المولفة من اجزاء الخط المستقيم والدائرة

واسهل الاشكال المولفة ما تألف من نصف دائرة وقطرها كشكل الغرافومتر والمنقلة المستعملين لنقل الزوايا وكصورة الملاعب عند القدماء وشكل المدرجات المعدة للجمعيات العامة وللتعليم عند المتأخرين

ويكون الخطيب او المعلم في مركز Γ (شكل ٣٣) ويكون الناظرون مصطفين على انصاف دوائر متساوية البعد ويكون مركزها نقطة Γ وقطرها \overline{AB}

فاذا رسمنا من نهايتي قطر \overline{AB} (شكل ٣٤) خطين عمودين على القطر المذكور فانهما يصيران مماسين في نقطتي A و B لنصف دائرة $أم ب$ واذا رسمنا ايضا في اي بعد خط $هـ ف$ المستقيم الموازي لخط \overline{AB} فالتانكامل شكلا مستعملا كثيرا في الفنون وهو شكل القباب والابواب المقوسرة وسميت بذلك لان انحناء القوسرة نام من سائر الجهات

واذا رسمنا في اعملا مستطيل $أ ب ف هـ$ (شكل ٣٥) بواسطة نصف قطر \overline{AB} اولا من نقطة A المعتبرة مركزا قوس $ب م$ وثانيا من نقطة B المعتبرة ايضا مركزا قوس $أم$ فانه يتصل لنا الشكل الذي يكون على هيئة القباب التي يطلق عليها اسم القباب الحادة

وينسب شكل القباب المقوسرة الى المباني اليونانية وكذلك الى المباني المتأخرة وينسب شكل القباب الحادة الى المباني القوطية ولكل من هذه المباني المتقدمة المستعملة باشكل هندسية متنوعة اشكال بعلامات خصوصية تميزها عن بعضها وكل منها جدير بالاعتبار ونعجب ارباب الفنون

السليم ومستحق ان يكون الغرض الاصلى من المطالعة الجيدة نظر الظرافة
اشكالها ومعادلتها لبعضها والشدّة علوها وصلابة تراكيما

فأذا رسمنا في (شكل ٣٤) نصف دائرة على قطر هـ ف فانه يحصل
معنا محيط أم ب ف ن هـ الذى يكون سطحه كسطح الميادين التى
اعدها القدماء للمسابقة على الخيل واهذا سميت ميادين ملاعب الخيل
وكانت الحدود التى تدور حولها الخيالة موضوعة فى مركزى ث و
الذين هما مركزا الاجزاء المستديرة

ويستعمل المتأخرون لتشييد القناطر والعمارات قبابا مقوصرة مركبة من
عدة اقواس دوائر وهذا هو الذى يطلق عليه اسم القباب المصنوعة على صورة
اذن القفّة ويوجد في (شكل ٣٦) اقواس من الدوائر لها ثلاثة مراكز
مشار اليها بنقط و ح و خ وسيأتى بيان ذلك فى الدرس الرابع
عشر

وهنا النوع من المباني القوطية او المورسكية يحتوى على صناعة القباب
بواسطة قوسى ب د و غ ف الصغرى من النخنيين بالكلية
(شكل ٣٧) الموصولين بمستقيى د هـ و هـ ف اللذين يتألف
منهما زاوية منفرجة

ويلاحظ الانكاز كثير من المباني القوطية المشيدة على وفق هذا النوع المتقدم
وهى شهيرة بظرافة شكلها وشدّة علوها ككنائس هنرى الثامن المشيدة
فى مدينة وستمستر وكنائس تريفنته المشيدة فى فريج وكنائس قصر
وندر سور

(بيان رسم تفصيل العمارات)

قد ابتدع البنّاؤون تركيبات بسيطة نفيسة من الدائرة والخط المستقيم لتزيين
العمارات بالشكل المسمى خرطة ويستعمل قطاع الخشب والخجارون
وخرطاطوا الخشب الرقيقة وصناع الآلات الاشكال المذكورة ويجب عليهم

ان يعرفوها حق المعرفة

واسهل هذه الاشكال هو الشريط المركب من خطين متوازيين قريبين من بعضهما ومنتهيين من اطرافهما بعمود واحد ويرى في (شكل ٣٨) شريط واحد كشريط \overline{AB} ويرى ايضا من نوع هذا الشريط عدة شرائط موضوعة فوق بعضها في (شكل ٣٩) الدال على عود البناء الدوريق اليوناني المسمى بالشكل \overline{AB} البستومي حيث انه يوجد في مدينة بستوم هيكل محاط باعمدة ظريفة من هذا الشكل

ويضمون عادة الى ما بقي من العمارات شريطا واحدا بواسطة ربع دائرة \overline{B} المماس لاسفل الشريط في نقطة \overline{B} وللضلع المنتصب من الحائط في نقطة \overline{B} ولضلع العمود المربع او العمود الجانبي الذي يراد رسمه

وكذلك يعملون عادة فوق الشريط نصف دائرة بار ياطلق عليه بالفرنساوية اسم البودين (شكل ٣٨)

ثم انهم يستعملون دائرة المربع الدائرة المحذبة الذي يطلق عليه اسم ربع دور مثل \overline{AM} دون غيره (شكل ٤٠) ويستعملون دائرة ربع الدائرة المحذوف مثل \overline{AM} (شكل ٤١)

ويتألف الكعب من ربعي الدائرة اللذين هما \overline{AM} و \overline{BN} (شكل ٤٢) اذا كان نصف قطرها واحدا وكان كل من مركزيهما المشار اليهما بحرفي \overline{O} و \overline{H} موضوعا على منتصب واحد

ويتألف كذلك الحافر من ربعي الدائرة اللذين هما \overline{AM} و \overline{BN} (شكل ٤٣) اذا كان نصف قطرها واحدا وكان كل من مركزيهما المشار اليهما بحرفي \overline{O} و \overline{H} موضوعين على خطافتي واحد

وهذه هي المبادئ البسيطة التي يركب بها البناءون انواع القوصرات

والافاريز والقواعد والرؤس الموجودة في كل من المباني القديمة والجديدة ولا ينبغي ان يعتقد ان تركيب هذه الاشكال يتيسر لكل من اراد بمعنى انه يمكن عمله بالصدفة والاتفاق او على حسب ما تقتضيه الالهواء الفاسدة الناشئة عن اختلال العقل بل يلزم ان يكون استكمال فن رسم تفصيل العمارات واجرائها المتنوعة ناشئا عن مراعاة قوانين التنوع والتباين وتجنب الزينة في البناء وعوضا عن التوسع في هذه الزينة وقشرها يلزم تركيبها بجملة بجملة ليسهل على النظر الاحاطة بها ويلزم ايضا فصل تلك الجمل عن بعضها بمسافات كبيرة مستوية وينبغي لنا ان نقابل في كل جملة الخراطات الرفيعة بالخراطات الكبيرة والاشكال المستقيمة بالاشكال المستديرة حتى نظهر من كل جملة الاشكال المكتنفة بها وهذه هي القواعد الاصلية المستعملة في فن رينة المباني اعني القواعد التي لم يختص باستكشافها اعظم بناءى اليونان والاطاليين ولا باستعمالها في مبانيهم حيث وجدوها مستعملة مع الاتقان في المباني الطريقة الموجودة ببلاد مصر القديمة وفي العمارات الفوطسية التي حصلت في القرون الوسطى وفي المساجد والسمرايات التي شيدها العرب ببلاد الاندلس في العصر الذي اظهر وافيها هذه الالة العلوم والفنون التي كانت معدومة وقتئذ فيما بقي من بلاد اوربا

وهناك عملية هندسية اكثر رفعا من النقش الظاهري ومن رسم الزينة الجانبية وهي معرفة مستوى العمارات ورسمه وقد تورل جميع الاشكال المستعملة عند البنائين الى شكلي الخط المستقيم والدائرة وفيما ندر من الاحوال التي يحتاجون فيها الى اشكال دقيقة يشعرون هذه الاشكال الى اجراء مستديرة كما اسلفنا ذلك في القباب المقوصرة

واذا احتاج البناءون الى تشييد عمارة في فراغ متسع جدا وجب عليهم ان يتجنبوا اشكالا منتظمة يسر الناظر كل من بساطتها واستوائها وتماثلها ويستدل بها على القنطة والنظام اللذين يوجبهما تشييد الانسان مبانيه

وعمازاته

والمختار من هذه الاشكال عوما هو المستطيل او المربع لانهما ينقسمان مع السهولة الى تقسيمات ثانوية متحدة الصورة لازمة للتقسيم وليس فيهما عيب سوى انهما لا يطابقان المحيطات المستديرة الداخلية الامع تضيق المسافة وحدوث اركان صغيرة مختلفة الشكل يلزم احتواؤها عن النظر ومع ذلك لا تخلو هذه الاركان عن فائدة وهي ان يبنى فيها سلام مخفية او مخازن للاشياء التي لا ينبغي اظهارها

ويجبر البناء في المدن التي تكون اراضيها غالية على ان يستخرج منفعة من الاراضي الضيقة ويرسم الاماكن المنتظمة رسما جيدا بقدر الامكان في شكل غير منتظم بالكلية وفي مثل هذه الاماكن تكون عادة تركيب الاشكال الهندسية مع بعضها مستعملة بكثرة عند ارباب الصناعة وبها يجدون اعظم التركيبات

ومن معلى البناء من يعتقد انه يجعل تلامذته ماهرين بان يعطيهم صورة عمارات بحيث لو بنيت لكانت مصاريفها تبلغ ملايين من الاموال ولو اراد الانسان ان يبنى على منوال تلك الصور لما تيسر له ذلك الا في سهول وهمية بمعنى ان ذلك متعذر فلذا ترى هؤلاء المعلمين يعودون تلامذتهم على زخرفة المباني المؤدية الى الاستهزاء والسخرية وعلى مصاريف كثيرة بتعذر حصولها فيما بعد عند الاهالي فمن ثم كان الاولى ان يعودوهم دائماً على انشاء رسم العمارات بشرط ان يتبعوا الاشكال المختلفة الممكن وجودها في داخل المدن التي يبنونها متلاصقة وذلك لان الشبان لهم ملكة الابتداع والاختراع

* (الدرم الخامس) *

* (في بيان الاشكال المتساوية والمتماثلة والمناسبة) *

يكون الشكلان متساويين اذا كان احدهما موضوعا على الاخر وكان محيطاهما متحدين بالكلية في جميع امتدادهما وقد اكتسبت الفنون من علم الهندسة عدة طرق متنوعة لرسم شكل مساو

لاخر وهذه مسئلة مهمة جدا وكثيرة الاستعمال في الصناعة
ولذا اذا اقتضى الحال عمل اجسام من النحت او النقش او الزخرفة او غير ذلك
فانه يلزم عمل قوالب واراتيك تكون ابعادها مساوية بالكلية لابعاد
الاجسام المراد عملها

وقد تقدم لنا في الدرس الثاني انه يمكن بطريقة المتوازيات المتحدة في الطول
مع غاية السهولة رسم شكل يكون مساويا لآخر وموضوعا على وجه بحيث
تكون الخطوط المتعابلة في الشكلين متوازية

وبواسطة هذه العملية يظهر كثير من الغلط بقدر ما يكون للمتوازيات المراد
رسمها من الطول وبقدر تباعدها عن بعضها وينبغي ان يضاف الى اسباب هذا
الغلط عدم ضبط المساطر والبيكرات والحبال المستعملة في قياس الابعاد
وعدم اتقان البراية الرفيعة كثيرا او قليلا لاقلام الرصاص والريش واقلام
الجداول المستعملة عندهم وهم جرا

وقد تكون الطريقة التي يستعملها المهندس في صور كثيرة ان يتحقق من
تساوي شكلين مستعملة ايضا عند الصانع في رسم شكل مساويا لآخر وان ذكر
الآن الطريقة المعدة لوضع احدهذين الشكلين على الآخر ونظر هل
احدهما يتجاوز الآخر في هذا الوضع بنقطة او لا فنقول

لنرسم شكل **ا ب د الخ** (شكل ١) على امتداد كامتداد **م ن ح ح**
(شكل ١ مكرر) كقطعة قياس ننشر اولوح معدني او غير ذلك ونضع

شكل **ا ب د** على وجه بحيث يكون موجودا على **ا ر د**

في **م ن ح ح** (شكل ١ مكرر) ثم نقسم **م ن ح ح**

على حسب اضلاع **ا ر د** و **ر د** و **د** فينتج لنا شكل **ا ر د الخ**

المساوي بالضرورة لشكل **ا ب د الخ**

وعوضا عن كوننا قسم الشكل الثاني بلا واسطة نرسم في الغالب بواسطة
قلم الرصاص او الطباشير او الحبر او غير ذلك محيط **ا ر د الخ** مع - لازمة

اطراف الشكل الاول ثم تقطع النظر عن الشكل الاول وترسم الشكل الثاني مع السهولة

وهذه هي الطريقة التي يصنع بها الخياطون ونحاتوا الاجار والنحاسون والسمكرية ومهندسو السفن وغيرهم من ارباب الصنائع شكلا مساويا لارنيك معلوم

(بيان طبع الرسم اى النقل بالقلم)

اذا لم يكن الشكل الاول مقطوعا على السطح الذي يشتمل عليه فلا يمكن استعمال الطريقة التي ذكرناها آنفا فاذا كان الشكل المجهول ارنيكالم يبلغ الغاية في اللطف فانه يمكن تطبيقه على م ن ح ح مع غرز سائر النقاط الشهيرة وهي ا و - و - و - و - التي تصلها فيما بعد بخطوط مستقيمة وتغرز في بعض الاحيان الخطوط التامة التي ينبغي تحصيلها ثم تضرب بخزقة مملوءة من الفحم المسحوق على الارنيك الذي يغطي م ن ح ح فتطبع الشكل الاول (وهذه هي كيفية طبع الرسم بالقلم) وتكون اجراء الفحم الصغيرة المارة بداخل كل ثقب دالة بكثرتها على سائر محيطات الشكل المراد تحصيله وقد وجد ارباب الصناعة طرقا اخرى لرسم صورة تامة بدون تلمس الارنيك

(بيان نقل الرسم)

لاجل عدم ثقب الرسم نضع فرخا من الورق الشفاف على الجسم المراد اخذ صورته وتتبع بقلم الرصاص او بالمنتقاش او الريشة او غير ذلك المحيطات المراد تحصيلها وهذا هو الذي يطلق عليه اسم نقل الرسم

(بيان تماثل الاشكال)

يكون شكلا ا - ب - ج - د الخ و ا - ب - ج - د الخ (شكل ١ مكرر) متماثلين اذا كانت قطعهما المتقابلة وهي ا و - و - و - و - متوازية على متوازيات يقطع منتصفها عمود م ن واذا ثبتنا برواز م ن ح ح على م ن ح ح فن المعلوم

ان نقطة ا تنطبق على ا و ر على ر الخ بحيث انه اذا امكن
 طبع ا ر ر الخ على م ن ح خ فانه يظهر فيه شكل
ا ر ر الخ المماثل له فاذن يمكن بواسطة المتوازيات والعمود الذي
 يقطعها من منتصفها رسم شكل ا ر ر الخ مماثلا لشكل آخر مثل
ا ر ر

(بيان تحصيل الاشكال المتساوية او المتماثلة بالخت والطبع والتغرافيا)
 * (اي الطبع بالجحر) وغير ذلك *

الغرض الاصلى من هذه الفنون هو ان تضع على لوح او سطح من الخشب
 او المعدن او الجرا وغيره من سائر الجواهر اشكالا لا يمكن نقلها بالدقة على
 سطوح آخر وينبغي لنا ان نلاحظ ان الشكل المطبوع يكون منعكسا
 بالنسبة لشكل اللوح لان ما كان على الجهة اليمنى يطبع على الجهة اليسرى
 وبالعكس فاذن يلزم ان يكتب على ظهر اللوح اذا اريد ان الكتابة تكون على
 وضعها الاصلى راجع (شكل ١ مكرر) وهذا هو السبب في نقش حروف
 الطبع بالعكس ووضعها مقلوبة لتكون فوق الورق على صورتها الاصلية
 وتكون متتابعة من الشمال الى اليمين (وهذا على طريقة الفرنسيين
 واما الطريقة العربية فهي بالعكس) فيتحصل حينئذ من الطبع البسيط نسخ
 غير مساوية لاشكال اللوح الا انها متماثلة

* (بيان تحصيل الاشكال المتساوية بالطبع) *

اعلم اننا نقس ونركب ونرسم القوالب التي نطبع بواسطتها على اللوح المستعملة
 فيما بعد لطبع الحروف والموسيقى والرسم وغير ذلك وقد تكون الاشياء
 المطبوعة مارة من الشمال الى اليمين بواسطة الطبع الاول ومن اليمين الى
 الشمال بواسطة الطبع الثاني فاذن تكون الاشياء المطبوعة متحدة ومتساوية
 على القوالب الاصلى والنسخ المتحصلة من اللوح المتوسط ونضع بحسب هذه
 القاعدة في الجهة الاصلية النقاش المجهول فبالصب حروف الطبع وبناء
 على ذلك تكون هذه الحروف منعكسة ويكون الطبع الناشئ عنها في الجهة

الاصلية وفي النقش والتغرافيا يرسم ونكتب في الجهة الاملية على الورق او على المقوة المجهزة فتكون هذه الصكناية مقلوقة على الجبر ومعتدلة على الاوراق التي ينشأ عنها التغرافيا

والمطلوب الآن من علم الهندسة طرق جديدة لرسم شكل مساويا لآخر

فلنفرض شكلا كشكل ا ب ث د ه ف غ ا (شكل ١) الموائ من عدة اضلاع على حسب المطلوب فاذا مددنا من نقطة ا التي هي رأس كثير الاضلاع المنتظم او غير المنتظم الى سائر الرؤس الاخر خطوطا مستقيمة فاننا قسم كثير الاضلاع المذكور الى مثلثات وحيث انه يسهل علينا رسم مثلث يكون مساويا لآخر مع جعل مثلث ا ب ث مساويا لمثلث

ا ب ث ومثلث ا د ه مساويا لمثلث ا ب د و ا د ه مساويا لمثلث ا د ه وهم جرابيؤول الامر الى كوننا رسم شكل ا ب ث د ه ف غ ا بتمامه

(شكل امكرر) مساويا للشكل ا ب ث د ه ف غ ا (شكل ١)

ويمكن تحصيل شكل ا ب ث د ه ف غ ا باستعمال بيكار واحد لقياس طول الاضلاع ومثقله لقياس الزوايا يرسم الاضلاع ا ب مساويا لضلع ا ب واذا وضعنا مركز المنقلة في نقطة ب ومددنا القاعدة القطرية من المنقلة على اتجاه ضلع ا ب استخراجنا مع العضة عدد

درجات زاوية ا ب ث وكسور درجتها وتنقل المنقلة الى نقطة د على الشكل الجديد المراد رسمه ثم تنقل عدد الدرجات التي قسناها آنفا وتكون م هي النقطة المقابلة لهذا العدد على محيط المنقلة فاذا بينا على الورق نقطة م بواسطة طرف البيكار ورسمنا مستقيم د م ث مساويا

ب ث فنحصل معنا ضلع ثان من الشكل الجديد فاذا قلنا المنقلة الى

نقطة ث فنحصل لنا زاوية ب ث د المنقولة الى ب ث د وهكذا الى ما لانهاية ولذا كانت العملية مضبوطة ضبطا تاما فان الضلع الاخير وهو غ ا يصل في حال رسمه الى نقطة ا الاولى ويكون طوله

مساوي الطول غ ١ لكن اذا كان عدد اضلاع ~~ص~~ كثير الاضلاع قليلا
فلا يمكن الوصول الى مثل هذه النتيجة ويكون اقل خطأ يحصل في اى زاوية
ظاهرا في جميع الزوايا الاتية حيث ان اتجاه احد الاضلاع يكون ثابتا على
حسب الضلع المتقدم وبالجسلة فالخطأ الحاصل في طول اى ضلع يجعل
الشكل كبير او صغير ينقل سائر اضلاع الشكل كثير الاضلاع بالتوازي
الى الخارج او الداخل

وقد ذكرت هذه المساعدة لايين لك انه يمكن ان يكون كثير من طرق العمل
القوية عرضة للخطأ في العملية ويمكن بواسطة طريقة حسنة ان تكون
العمليات سهلة مضبوطة

ولنجث عن اعظم طريقة نرسم بها شكلا مشابها لآخر

وحاصلها اننا اذا رسمنا بالتوازي مثلثي ا ب ث و ا ث د (شكل ١
مكرر) مع مقابلتهما للمثلثين المساويين لهما قطع فانه يمكن مع غاية
الصعوبة اجتناب الخطأ الجسيم ولا يخفى ان ما يقع في كل زاوية من الخطأ
الذي يزداد بقدر ازدياد عدد الزوايا ينشأ عنه مقدار جسيم من الخطأ فاذا
يمكن ان تكون زاوية س ا غ الكلبة مغايرة لزاوية ب ا غ تغايرا
حسب ما مع ان زاويتي س ا ث و ا ث د الجزئيتين المظروفتين فيها
مغايرتان قليلا لزاويتي ب ا ث و ث ا د المقابلتين لهمايتين
الزاويتين

وهاهي الطرق التي تؤخذ من علم الهندسة لاثبات هذه المساواة
الطريقة الاولى استعمال المتوازيات وحاصلها ان كل زاويتين يكونان
متساويتين اذا كانت اضلاعهما متوازية

الطريقة الثانية اذا قسنا بالبيكار وجدنا ا ب يساوي ا ر و ا غ
يساوي ا غ و ب غ يساوي ر غ
الطريقة الثالثة ان نعلم ان ب غ و ر غ اللذين كل منهما ضلع

ثالث من مثلثي $أ ب ع$ و $أ ر غ$ ثم تنظر هل نقطة $أ$ على بعد واحد من $ب ع$ كنقطة $أ$ من $ر غ$ اعني هل عودا $أ ر$ و $أ ر$ النازلان من نقطة $أ$ على $ب ع$ ومن نقطة $أ$ على $ر غ$ مساويان لبعضهما لا

وعند انتهاء اثبات تساوي زاويتي $أ ب ع$ و $أ ر غ$ نرسم فيهما خطوط $أ ث$ و $أ ت$ و $أ د$ لنضع فيهما زاويا جرتية متساوية بأن نجعل طول $أ ث$ مساويا لطول $أ ت$ وطول $أ د$ مساويا لطول $أ ر$ وطول $أ ه$ مساويا لطول $أ ه$ ثم نرسم اضلاع $ر ت$ و $ش د$ و $د ه$ و $ه ر$ الخ فيحصل معنا رسم الشكل الثاني

فثبتت اولاً رسم الجزء الاخير اما بواسطة البيكار وتنظر هل $ش د$ يساوي $ش ر$ و $د ه$ يساوي $د ر$ او بواسطة القرافومر وتنظر ايضا هل زاوية $أ ب ث$ تساوي زاوية $أ ر ت$ وزاوية $ب ث د$ تساوي $ر ت د$ وهلم جرا فاذا ظهر لنا بعض خطأ اعدنا العمليات لتعرف منشأ الخطأ ونصحه

(بيان قاعدة المربعات)

يستعمل ارباب الصنائع هذه القاعدة بكثرة لاحداث شكل مساو لآخر (شكل ٢)

وذلك بان يقسموا في مبدء الامر الشكل الذي يريدون الرسم على نسقه الى طبقات متساوية بواسطة المتوازيات المتجهة الى جهتين عوديتين ويضعوا عمرة على كل جهة من جهات هذه القسمة الاربعة لتسهل معرفتها ويعملون قسمة متساوية لهذه القسمة على المستوى الذي ينبغي لهم ان يرسموا عليه شكلاً جديداً مساوياً للاول وبعد اجراء القسمة المذكورة يبينون النقط الضرورية التي توجد في كل من هذه المربعات

واذا اجمعتنا في مبدء الامر لتتحقق من وجود شئ في طبقة $و$ او $وا$ رأينا

انه لا يوجد شيء في طبقة ١ و ٢ و ١ و ٢ الارباس الموجود
على خط مشارالى كل من طرفيه برقم ٤ و ٤ فحصل على هذا الخط
انفراج اليبكار مساويا لبعده هذه النقطة في ١ و ١ ونضعه على الشكل
الجديد في ١ و ١ آ فترى ان نقطة ب تكون في مربع ٢ و ٣
و ٦ و ٧ ونقيس بعد ب بخطوط ٢ و ٢ و ٦ و ٦
وتقل هذه الابعاد الى الشكل الجديد فيحصل معنات نقطة ب وجميع رؤس
ش و د و هـ وغيرها ورسم كثير اضلاع ا ر ش هـ الى ا
مساويا لكثير اضلاع ا ب ث د هـ الى ا

وقد يوجد كما في الطريقة التي ذكرناها آتفا ثلاثة انواع من الخطاء ناشئة
عن الخطاء الكلى * اولا في قوازي او مساواة الخطوط التي تتألف منها
المربعات * ثانيا في رسم كل خط اما بالنسبة لاستقامته او لسمكه او غير ذلك
* ثالثا في قياس وضع كل نقطة

وطالما كررت لك انه ينشأ عن استعمال هذه الطرق البسيطة كثير من الخطاء
وانه يلزم ان يكون عند ارباب الصناعة مهارة عظيمة في العملية واجتهاد كلي مع
التؤدة ووجود الذهن ليحسبوا هذا الخطاء او يعرفوا منشأه فيصعوه وبهذا
التصحيح يستدل على تقدم الصناعة وانها بلغت درجة الكمال وبالجملة فلا تعجب
من كونه يلزم مضي عدة قرون حتى يصل الانسان الى صنع آلة صناعة نامة
بحيث تكون قواعد هامة معلومة واشكالها محكمة الحديد الان فبحاها
يكون معلقا على صناعة اجزائها المتنوعة فن ثم كان يصير على الملل التي
لم تقدم في القنون المحتاجة الى الضبط والاتقان ان تصل الى درجة غيرها
من الملل المتقدمة في القنون المذكورة وذلك لان تقدم هذه الملل يعينها دائما
على تنقيص الاسباب الموجبة للخطاء في العملية * والقضية العلمية المعروفة
حق المعرفة والمطبقة على العملية بوجه الصحة هي التي تجعل الملل التي ليست
في مرتبة واحدة متساوية في المعارف بل وتجعلها فاققة على من يعادلها
من الملل الاخرى التي سبقها بامتثال محصولات الصناعة وهذا هو الغرض

الأصلي عما ذكرناه في هذا الشأن

(بيان الاشكال المناسبة)

لا يكتفي لارباب الصناعة ان يعرفوا بمجرد عمل شكل مماثل او مساو لا آخر بل هم محتاجون في الغالب لعمل اشكال تشبه شيها تاما اشكالا اخرى غير انها تكون اكبرا واصغر منها وعلم الهندسة هو الذي تعرف به طريق الوصول الى ذلك بواسطة خواص الخطوط المناسبة والمثلثات المتشابهة

ولنفرض ان مستقيم أف (شكل ٣) منقسم الى اجزاء متساوية مثل أب و بث و ثد و ده الخ ونفرض ايضا اننا مددنا من كل نقطة من نقاط التقسيم على اى اتجاه من الاتجاهات متوازيات ١١ و ب- و ثث و د- و هـ الخ فتكون هذه المتوازيات متساوية الابعاد وبيان ذلك اننا اذا نزلنا اعمدة ١١ و ب٢ و ث٣ و د٤ الخ على المتوازيات المذكورة نصنع عدة مثلثات مثل أب١ و بث٢ و ثد٣ و ده٤ الخ وهلم جرا حيث ان زوايا المثلثات المتقابلة متساوية وان كل ضلع منها مساو لا آخر اعني ان ضلع أب يساوي بث وضلع بث يساوي ثد و ثد يساوي ده الخ فاذا نزلنا اعمدة ١١ و ب٢ و ث٣ و د٤ الخ التي هي الاضلاع المتقابلة من هذه المثلثات والتي تقيس المسافات الموجودة بين المتوازيات المتوالية مساوية لبعضها

ولنعد الان خط م هـ و ح ر في اتجاه مغاير لمستقيم أف فنقول حيث ان اجزاء م هـ و هـ و و و ح و ح ر تكون مساوية لبعضها ومن المعلوم اننا اذا نزلنا باعمدة م١ و هـ٢ و و٣ الخ على

الخطوط المتوازية وكانت هذه الخطوط على بعد واحد من بعضها تحصل معنا
 ان $\overline{م ١}$ يساوي $\overline{د ٢}$ يساوي $\overline{و ٣}$ الخ وزيادة على ذلك تكون
 اضلاع مثلثات $\overline{م ١ د ٢}$ و $\overline{د ٢ و ٣}$ و $\overline{و ٣ ح ٤}$ الخ متوازية وبناء
 عليه تكون زواياها متساوية فاذن تكون هي متساوية وبمقتضى ذلك
 تكون اضلاع $\overline{م ١ د ٢}$ و $\overline{د ٢ و ٣}$ و $\overline{و ٣ ح ٤}$ الخ المتقابلة متساوية

فعلى هذا اذا كان ماثل **ا ف** (شكل ٣) منقسما الى اجزاء متساوية
 بواسطة متوازيات $\overline{ا ا ١}$ و $\overline{ب ب ١}$ و $\overline{ث ث ١}$ و $\overline{د د ١}$ وهلم جرا
 فان هذه المتوازيات تقسم ايضا مستقيم $\overline{م ر}$ الذي يقطعها الى اجزاء
 متساوية

وتستعمل هذه الخاصية لتقسيم مستقيم معلوم الى اجزاء متساوية على
 حسب المطلوب

مثلا اذا فرضنا انه يلزم تقسيم خط **ا ف** (شكل ٤) الى خمسة اجزاء
 متساوية فانشأنا من نقطة **ا** مستقيما آخر كستقيم **ا س** في اى اتجاه
 كان ثم نعين بانفراج البيكار تقسيمات $\overline{ا ١}$ و $\overline{١ ٢}$ و $\overline{٢ ٣}$ و $\overline{٣ ٤}$ و $\overline{٤ ٥}$
 المساوية لبعضها ومن نقطة **ف** خط **ف هـ**
 ثم نمد ايضا من نقط $\overline{ا ١}$ و $\overline{١ ٢}$ و $\overline{٢ ٣}$ و $\overline{٣ ٤}$ خطوط **ب ا ١** و **ف ٢**
 و $\overline{د ٣}$ و $\overline{هـ ٤}$ موازية لخط **ف هـ** فيصير خط **ا ف** منقسما
 الى خمسة اجزاء متساوية حيث ان اجزاء هذا المستقيم الخمسة منحصرة بين
 المتوازيات التي على بعد واحد من بعضها

وهذه الطريقة هي المستعملة عادة في تقسيم المقاييس المستعملة لرسم
 مستويات المباني الملكية والجهادية والبحرية
 ولقسمة المقاييس فائدة عظيمة جدا حيث يتوقف عليها صحة الرسوم المستعملة فيها
 هذه المقاييس او فسادها واختلالها فاذا كان بعض اجزاء المقاييس المضبوطة
 قبل العملية فاسدة كانت جميع اجزاء الرسوم التي تعتبر فيها هذه الاجزاء

كلاقيسة فاسدة ايضا وربما تكرر هذا الخطا غير مرة وتولد عنه خطأ جسيم

ولاجل الوصول الى تقسيم المقياس صحة صحيحة ينبغي ان لا تكون تقسيمات
 ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ الخ اصغر من أ ب و ث د
 و هـ الخ وينبغي ايضا ان نضع طرفي البيكار مع الضبط على خط ا س
 المرسوم في اتجاه ثابت وكذلك ينبغي ان لا تشغل علامة البيكار الامسافة
 صغيرة بقدر الامكان بحيث انه لا ينشأ عن امتداده الاخطاء هين وبالجمله فيلزم
 عند رسم المتوازيات ان يكون منتصف الخط المرسوم بقلم الرصاص او الحبر
 مارامع الدقة بنقطة التقسيم المواقفة وان يكون التوازي على غاية من الصحة
 فاذا توفر هذه الشروط كلها دلت بعفدها على صحة العملية

وقد تصحح بواسطة البيكار قسمة خط أ ب (شكل ٤) بحيث يعرف
 هل اجزاء أ ب و ب ث و ث د متساوية على وجه
 الدقة ام لا

(بيان التقسيمات الصغيرة للمقاييس المهمة)

يلزم في الغالب تقسيم وحدة مقياس أم (شكل ٥) الى اجزاء عديدة
 بحيث يمكن تعيينها على مستقيم أم الصغير بطريقة محكمة بينة وفي هذه
 الصورة نرسم متوازيات م م و ن د و و و متساوية البعد
 ونرسم ايضا عمودي م ف و ا ف ومائل ا ف فتكون النسبة
 بين اطوال ب ب و ث ث و د د و هـ هـ الخ كنسبة
 ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ وتدل هذه الاطوال على تقسيمات
م ا الى اجزاء متساوية بقدر ما يوجد من المسافات المتساوية بين
 متوازيات م م و ن د و و و الخ مثلاً اذا كان م ا يدل
 على ١ متروكان هنالك عشرة خطوط موازية لخط م ا المذكور
 وكانت كلهما متساوية البعد فان اجزاء ب ب و ث ث و د د

و هـ وهلم جرا تكون في الحقيقة عشر المترا وعشريه او ثلاثة اعشاره
او اربعة اعشاره وهكذا وعرضان كونتا تنقل بواسطة المقاييس المرسومة
طرفي البيكار على خط م آ تقلا ينقب الخط بسرعة تتقاربها بحسب تنوع
الاعداد على ن و و و ح الخ وبذلك تبقى المقاييس زمنا
طويلا وهذا من اعظم الفوائد في الرسم

*** (بيان تصحيح رسم ارنيك آله او محصول صناعة) ***

إذا كان المطلوب تصحيح رسم آلة أو محصول جاز على مقتضى المقياس فأول شيء يجب عمله هو تصحيح المقياس المستعمل لتحصيل هذا المصنوع فان كان هذا المقياس فاسداً كان الرسم بحسب الظن غير مضبوط وان كان صحيحاً تولد عن الرسم عدة أنواع من الخطأ ينبغي البحث عنها

ولنرجع الى تقسيم الخطوط المستقيمة بالخطوط المتوازية فنقول اذا فرضنا

ان خط اف (شکل ۳) مقطوع بمتوازیات a و b
و f رقیب است علی بعد واحد فان جزی a و b
المحصورین بین هذه المتوازیات یکونان غیر متساویین و كذلك m
و n اللذان هما جزا مستقیم m و n المقطوع بهذه المتوازیات

لكن اذا كان ف اكبر من ا كان م ر اكبر ايضا من م و
 وزيادة على ذلك يكون و مشتتلا على طول م و بقدر اشتغال

ب ف علی طول اب

مثلاً اذا كان **ف** يشتمل على **أ** اربع مرات فانه عند رسمه

ف الى اربعة اجزاء متساوية مثل ش ، ث ، ج ، د

هـ ف الخ و رسم متوازيات ث و د ع هـ ف تقسم خط د ر

إلى عدة أجزاء مثل و و وح و ح و خ و غ المساوية لخط

م ۵ بقدر ما يوجد من اجزاء ب ث و د و ه و ف

المساوية لخط AB فاذن يكون B ف مشترلا على AB

بقدر ما يشتمل $\overline{د ر}$ على $\overline{د م}$

ونبين عدد المرات التي يشتملها $\overline{ب ف}$ على $\overline{أ ب}$ و $\overline{د ر}$ على

$\overline{د م}$ بهاتين الطريقتين وهما ان $\overline{ب ف}$ المقسوم على $\overline{أ ب}$

يساوي $\overline{د ر}$ المقسوم على $\overline{د م}$ اعني ان $\overline{ب ف} = \overline{د ر} \cdot \frac{\overline{د م}}{\overline{د م}}$ او نسبة

$\overline{ب ف}$ الى $\overline{أ ب}$ كنسبة $\overline{د ر}$ الى $\overline{د م}$ اعني ان $\overline{ب ف}$

: $\overline{أ ب} :: \overline{د ر} : \overline{د م}$

وهذا هو الذي يطلق عليه اسم التناسب الهندسي الذي يشتمل دائماً على

نسبتين متساويتين مثل $\overline{ب ف} : \overline{أ ب} = \overline{د ر} : \overline{د م}$ وحينئذ تكون النسبة

الهندسية الحاصلة بين كميتين هي قسمة الكمية الاولى على الثانية وعكسها هي قسمة الكمية الثانية على الاولى

ويشتمل تناسب $\overline{ب ف} : \overline{أ ب} :: \overline{د ر} : \overline{د م}$ على اربعة

حدود يطلق على كل من حديها الاول والاخير اسم الطرفين وعلى الحدين

المحصورين بينهما اسم الوسطين

* (بيان الخاصية الاصلية للتناسب الهندسي) *

خاصية التناسب الهندسي هي ان حاصل ضرب الطرفين في بعضهم يساوي

حاصل ضرب الوسطين في بعضهم

ولاجل البرهنة على ذلك يلاحظ في تناسب $\overline{ب ف} : \overline{أ ب} ::$

$\overline{د ر} : \overline{د م}$ ان $\overline{ب ف} \cdot \overline{د م} = \overline{أ ب} \cdot \overline{د ر}$ متساويان لاننا اذا ضربنا هاتين

النسبتين معاً في $\overline{أ ب}$ و $\overline{د م}$ فان حاصل ضربيهما يكونان متساويين

ولكن $\overline{ب ف}$ المقسوم على $\overline{أ ب}$ والمضروب في $\overline{د م}$ ثم في $\overline{د م}$

هو باختصار عين **ب** **ف** المضروب في **م** \div اي انه حاصل ضرب الطرفين في بعضهما وكذلك \div **ر** المقسوم على **م** \div والمضروب في **أ** **ب** ثم في **م** \div هو باختصار عين \div **ر** المضروب في **أ** **ب** اي انه حاصل ضرب الوسطين في بعضهما فاذا كان حاصل ضرب الطرفين في بعضهما مساويا لحاصل ضرب الوسطين في بعضهما
وتستعمل التناسبات الهندسية كثيرا في علمي الهندسة والحساب وفي تطبيقهما على علوم آخر كعلم التجارة وعمليات الصناعة وغيرهما ولذا كررنا كيفية دلالة علم الحساب بواسطة الاعداد على التناسبات الهندسية فنقول

اذا فرضنا ان (شكل ٣) مرسوم بواسطة المقياس امكنا ان نستدل على كل من حدود تناسب **ب** **ف** : **أ** **ب** :: **ر** : **م** \div بعدد المرات التي تشتمل عليها اجزاء الخط المستقيم بالنسبة لوحدة المقياس

مثلا اذا كان **ب** **ف** = ٣٠ و **أ** **ب** = ٥ و **ر** = ٤٤ و **م** = ٤ فانه يحصل معنا التناسبان المتحدان وهما

$$\begin{array}{ccccccc} \text{ب} & \text{ف} & : & \text{أ} & \text{ب} & :: & \text{ر} & : & \text{م} \\ 30 & & & & 5 & :: & 44 & : & 4 \end{array}$$

وبناء على ذلك يمكن ان يستدل على نسب الخطوط وتناسباتها بنسب الاعداد وتناسباتها بالعكس فاذا قسمنا ٣٠ على ٥ فنحصل معنا خارج القسمة الذي هو مقدار النسبة الاولى وهو ٦ واذا قسمنا ٤٤ على ٤ فنحصل معنا ايضا خارج القسمة الثانية وهو ٦ ومتى كانت النسبتان متساويتين وجد بينهما التناسب

واذا قسمنا ٥ على ٣٠ فان خارج القسمة يكون سدسا واذا قسمنا ٤ على ٤٤ فان خارج القسمة يكون ايضا سدسا وبناء على ذلك اذا كان

نسبتان متساويتين وعكسناهما فانهما يـكونان متساويتين ايضا
فاذن ينتج لنا من نسبة ٣٠ : ٥ :: ٢٤ : ٤ مرة واحدة

$$\frac{30}{24} = \frac{5}{4} \text{ و } \frac{24}{4} = \frac{30}{1}$$

فاد ضربنا حدى معادلة $\frac{24}{4} = \frac{30}{1}$ في ٢٤ ينتج معنا $\frac{30}{1}$
 $4 \times 24 =$

وحيث ان ٥ و ٢٤ هما الوسطان و ٣٠ و ٤ هما الطرفان
كان احد الطرفين مساويا لحاصل ضرب الوسطين في بعضهما مقسوما على
الطرف الآخر

وبمثل ذلك يبرهن على ان كلا من الوسطين يساوى حاصل ضرب الطرفين
في بعضهما مقسوما على الوسط الآخر

فعلى ذلك اذا عرفنا ثلاثة من حدود تناسب الهندسى الاربعة فانه يمكن
معرفة الحد الرابع فوراً بواسطة القاعدة التى ذكرناها آنفا وهى قاعدة الثلاثة
وسميت بذلك لانه يعلم منها الحد الرابع بواسطة الحدود الثلاثة

وكثيرا ما تستعمل هذه القاعدة فى حسابات الخزائن والتجارة والصناعة
ويشتل علم الهندسة على قاعدة الثلاثة المذكورة مثلا اذا عرفنا ثلاثة

خطوط مثل (أ) و (ب) و (ث) (شكل ٦) سهل علينا

ان نعرف بواسطة خطا رابعا كخط د بحيث يحدث (أ) : (ب)

:: (ث) : (د) فنبدأ بوضع (ث) = ح ر فى طرف

(أ) = وح ونرسم من نهاية و مستقيم وم فى اى اتجاه

كان ومن نقطة و نجعل طول وح = (ب) ونرسم كذلك

ح ح ثم رص موازيا ح ح فينتج حينئذ

$$\text{وح} : \text{وح} :: \text{ح ر} : \text{ح خ}$$

$$\text{او} \quad (أ) : (ب) :: (ث) : (د)$$

وإذا كان الوسطان متساويين فإن الطول أو العدد الذي يدل عليهما يسمى
وسطا متناسبا بين الطرفين مثلا في تناسب ٢ : ٤ :: ٤ : ٨
يكون ٤ هو الوسط المتناسب بين طرفي ٢ و ٨
وإذا كان المعلوم في علم الهندسة طولين فإنه يسهل علينا استخراج وسطهما
المتناسب وسنبين لذلك عاجلا

(بيان المثلثات المتشابهة)

إذا كانت اضلاع مثلثي \overline{AB} و \overline{AR} (شكل ٧) المتقابلة
متوازية فإنها تكون متناسبة ويكون المثلثان متشابهين فاذن يتحصل
معنا

$\overline{AB} : \overline{AR} :: \overline{AB} : \overline{AR}$ و $\overline{AB} : \overline{AR} :: \overline{AB} : \overline{AR}$ ولاجل
البرهنة على ذلك ننقل مثلث \overline{AB} من غير أن يتغير اتجاه اضلاعه
بحيث تقع نقطة R على نقطة A ثم نمد \overline{AR} و \overline{AB} إلى أن
يتلاقيا في نقطة M فيتحصل معنا $\overline{AR} = \overline{AM}$ و $\overline{AB} = \overline{BM}$
 \overline{AR} حيث أنها متوازيات منحصرة بين متوازيات أخرى

وحيث أن \overline{AR} و \overline{AM} و \overline{BM} و \overline{AR} متوازيات ينتج

$\overline{AB} : \overline{AR} :: \overline{AM} : \overline{AR}$ و $\overline{AB} : \overline{AR} :: \overline{AM} : \overline{AR}$

و $\overline{AB} : \overline{AR} :: \overline{AB} : \overline{AR}$ و $\overline{AB} : \overline{AR} :: \overline{AB} : \overline{AR}$

وبناء على ذلك $\overline{AB} : \overline{AR} :: \overline{AB} : \overline{AR}$ و $\overline{AB} : \overline{AR} :: \overline{AB} : \overline{AR}$

فإذا كان مثلثا \overline{AB} و \overline{AR} (شكل ٨) متعدي الوضع
والصورة بحيث يكون \overline{AB} عمودا على \overline{AR} و \overline{AB} على
 \overline{AR} و \overline{AR} على \overline{AR} فإن هذين المثلثين يكونان متشابهين

وبيان ذلك اننا اذا درنا مثلث $\overline{ا ر ش}$ بدون تغيير شيء منه من زاوية قائمة حول نقطة $\overline{ا}$ فان $\overline{ا ش}$ يكون موضوعا على $\overline{ا ر}$ في وضع مواز لخط $\overline{ا ر}$ وكذلك يفعل في $\overline{ا ر}$ و $\overline{ر ش}$ فاذن تكون اضلاع مثلث $\overline{ا ر ش}$ موازية لاضلاع مثلث $\overline{ا ب ث}$ ويكون المثلثان متشابهين وبناء على ذلك يكون مثلثا $\overline{ا ب ث}$ و $\overline{ا ر ش}$ متشابهين ايضا ومتى كانت اضلاع مثلثين متناسبة فان زواياهما المتقابلة تكون متساوية ويكون المثلثان متشابهين وبيانه اننا اذا فرضنا انه ليس لمثلثي $\overline{ا ب ث}$ و $\overline{ا ر ش}$ (شكل ٧) نسب اخرى غير هذه وهي

$\overline{ا ب} : \overline{ا ر} :: \overline{ا ش} : \overline{ا ر}$ $\overline{ا ب} : \overline{ا ر} :: \overline{ا ش} : \overline{ا ر}$
فاننا نفرض مثلثا اننا كنمثلث $\overline{ا ر ش}$ يكون ضلعه وهو $\overline{ا ر} = \overline{ا ر}$ وزيادة على ذلك تكون اضلاعه الثلاثة موازية لاضلاع $\overline{ا ب}$ و $\overline{ب ث}$ و $\overline{ا ش}$ على التناظر وبناء عليه يحصل معنا

$\overline{ا ب} : \overline{ا ر} :: \overline{ا ش} : \overline{ا ر}$ $\overline{ا ب} : \overline{ا ر} :: \overline{ا ش} : \overline{ا ر}$
فاذن يكون $\overline{ا ش} = \frac{\overline{ا ر} \cdot \overline{ا ر}}{\overline{ا ب}}$ و $\overline{ا ر} = \frac{\overline{ا ر} \cdot \overline{ا ر}}{\overline{ا ب}}$ و $\overline{ر ش} = \frac{\overline{ا ر} \cdot \overline{ا ر}}{\overline{ا ب}}$

$\overline{ا ب} : \overline{ا ر} :: \overline{ا ش} : \overline{ا ر}$ $\overline{ا ب} : \overline{ا ر} :: \overline{ا ش} : \overline{ا ر}$
فعلى هذا اذا كان $\overline{ا ر} = \overline{ا ر}$ لزم ان يكون $\overline{ا ش} = \overline{ا ش}$ وان تكون $\overline{ر ش} = \overline{ر ش}$

فاذن تكون اضلاع مثلثي $\overline{ا ر ش}$ و $\overline{ا ر ش}$ الثلاثة متساوية على التناظر وبناء على ذلك يكونان متساويين فاذن تكون زوايا $\overline{ا} = \overline{ا}$

$\overline{أ} = \overline{ر} = \overline{ب} \text{ و } \overline{ث} = \overline{ث} = \overline{ث}$

فحينئذ إذا كانت اضلاع المثلثين متناسبة فإن زواياهما المقابلة للاضلاع المناسبة تكون بخصوص هذا السبب متساوية ويكون المثلثان متشابهين

ومنى كان ضلعا $\overline{أ ب}$ و $\overline{ب ث}$ من مثلث $\overline{أ ب ث}$ مناسبين لضلعي $\overline{أ ر}$ و $\overline{أ ث}$ من مثلث $\overline{أ ر ث}$ وكانت زاوية $\overline{أ} = \overline{أ}$ فان هذين المثلثين يكونان متشابهين لانتسا اذا وضعا زاوية $\overline{أ}$ على $\overline{أ}$ فان تناسب $\overline{أ ب} : \overline{أ ر}$ كنسب $\overline{أ ث} : \overline{أ ث}$ يقتضى ان $\overline{أ ث}$ و $\overline{أ ث}$ يكونان متوازيين وعلى ذلك تكون الاضلاع الثلاثة متوازية

ففى (شكل ٦) اذا رسمنا من نقطة $و$ مستقيمتين $و خ$ و $و ح$ و $و ط$ و $و ع$ الفاطعة لمتوازي $ح ط خ$ و $ر ع ض$ فنحصل معناه اولا على التوالى بسبب تشابه مثلثي $و ح ط$ و $و ر ع$ أن $و ط : و ع :: ح ط : ر ع$ وثانيا بسبب تشابه مثلثي $و خ ط$ و $و ض ع$ ان $و ط : و ع :: خ ط : ض ع$

فاذن يتحصل معناه ان $ح ط : ر ع :: ح ط : ض ع$ اعنى ان $ح ط$ و $خ ط$ و $ر ع$ و $ض ع$ التى هى اجزاء المتوازيين المقطوعين بالمستقيمتين الثلاثة المرسومة من نقطة واحدة تكون متناسبة وعكس هذه القاعدة صحيح ايضا

ويمكن ان نبرهن الآن على ان الشكلين العكسرى الاضلاع اذا كانت اضلاعهما المتقابلة متوازية ومناسبة يكونان متشابهين

فاذا فرضنا مثلان شكلي $\overline{أ ب ث د ه ف غ ا}$ و $\overline{أ ر ث د ه ف غ ا}$

(شكل ٩) هما اللذان اضلاعهما المتقابلة متناسبة ومتوازية نتج ان

أ ب : أ ر :: ب ث : ر ث :: م : ١ وتكون الزوايا

المتقابلة المتألفة من خطوط متوازية اثنين اثنين متساوية فاذن زاوية

ر = ب واذا مددنا خطي أ ب و أ ث كان مثلثا

أ ب ث و أ ر ث متشابهين حيث ان زاوية ب من كل منهما

تساوي زاوية ر المحصورة بين ضلعين متناسين فاذن يحصل أ ب

: أ ر :: ب ث : ر ث :: أ ب : أ ث :: م : ١

واذا مددنا بعد ذلك أ د و أ د فان مثلثي أ ب د و أ ر د

يكونان متشابهين ايضا حيث ان أ ب : أ ر :: ب د : ر د ::

م : ١ وان زاويتي أ ب د و أ ر د متساويتان لان

اضلاعهما متوازية فاذن يكون أ د موازيا أ ر

واذا اعتمادنا على البرهنة المذكورة فانتا قسم الشكلين الكثيري الاضلاع الى

مثلثات متشابهة

وبناء على ذلك اذا امكن حل مثلثات متشابهة لمثلثات اخرى امكن بالتدريج رسم

اشكال كثيرة الاضلاع متشابهة لاشكال اخرى ايا ما كان عددا اضلاعهما

(بيان بكار التناسب) *

بيكار التناسب (شكل ١٠) هو آلة يستعملونها لتسهيل التحويلات

التناسبية وللعمليات المتنوعة وهو مركب من مسطرتين متساويتين

ومدرجتين على حدسوا

فاذا اردنا تحويل ابعاد شكل من الاشكال الى نسبة خط معلوم كخط ه

الى خط آخر معلوم كخط ف فاما نجعل على ضلع أ ب طول أ م

= ه ونعين عدد التدريج المقابل للنقطة م ونجعل نقطة ن التي

(بيان الاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة المتشابهة)

كل شكلين كثيرى الاضلاع منتظمين متعدين في عدد الاضلاع يكونان متشابهين وبيان ذلك انه حيث كانت اضلاع كل واحد منهما متساوية فبالضرورة تكون متناسبة وتكون زواياهما التي لاتتعلق بالطول بل بعدد الاضلاع من جنس واحد فيهما

ونسبة محيطى كثيرى الاضلاع المتشابهين الى بعضهما كنسبة الاضلاع البسيطة الى بعضها

وعجوز اذ ياد اضلاع كثيرا الاضلاع يكون الشكل مغايرا قليلا للدائرة التي يكون مرسوما فيها فاذا نفي ان تكون الدوائر معتبرة كالاشكل المتشابهة اعنى كالاشكل التي تكون خطوطها المتشابهة الوضع متناسبة ونسبة محيطات الدوائر الى بعضها كنسبة انصاف اقطار هذه الدوائر الى بعضها

فاذا رسمنا في دائرتين شكلين كثيرى الاضلاع منتظمين متعدين في عدد

الاضلاع مثل $ا ب ث د ه ا$ و $ا ب ث د ه ا$

(شكل ١٢) كانت نسبة الخطوط المتناسبة فيهما هي $ا ب$ الى $ا ب$ نسبة انصاف اقطار الدائرتين وثانياً نسبة اضلاع كثيرى الاضلاع وثالثاً نسبة محيطى كثيرى الاضلاع المذكورين ورابعاً نسبة محيطى هاتين الدائرتين

واذا رسمنا في دائرة (شكل ١٣) قطر $ا ب$ ثم رسمنا من نقطة ما كنقطة $ث$ من هذا القطر خط $ث ح$ عودا على هذا القطر ورسمنا مستقيماً $ا ح$ و $ح ب$ فالتان صنع مثلث $ا ح ب$ القائم الزاوية وهى $ح$ وحينئذ يكون هذا المثلث القائم الزاوية متساوي الساقين من مثلثى $ا ح ث$ و $ح ب ث$ الجزئين اللذين تركب منهما

وبيان ذلك ان زاوية $\overline{أ ح ب}$ الحادة مشتركة بين مثلثي $\overline{أ ح ب}$ و $\overline{أ ح ث}$ القائمى الزاوية والحادة الاخرى مساوية لزاوية قائمة ناقصة زاوية $\overline{أ ف ذ}$ فاذن $\overline{ت ك و}$ زاويا هذين المثلثين الثلاثة متساوية كل لنظيرهما ويكون هذان المثلثان متشابهين

وكذلك زاوية $\overline{ب ح د}$ الحادة مشتركة بين مثلثي $\overline{أ ب ح}$ و $\overline{ب ح ث}$ المذكورين فاذن يكون هذان المثلثان متشابهين وبمقتضى ذلك يتحصل معنى التناسبات الآتية وهى

$$\begin{array}{l} \overline{أ ب} : \overline{أ ح} :: \overline{أ ح} : \overline{أ ث} \\ \overline{أ ب} : \overline{ب ح} :: \overline{ب ح} : \overline{ب ث} \\ \overline{أ ث} : \overline{ش ح} :: \overline{ش ح} : \overline{ش ب} \end{array}$$

فاذن يكون $\overline{أ و ا}$ الضلع الصغير الشمالى الذى هو $\overline{أ ح}$ من مثلث $\overline{أ ب ح}$ القائم الزاوية وسطا متناسبا بين وتر الزاوية القائمة الذى هو $\overline{أ ب}$ وجزءه الذى هو $\overline{أ ث}$ وهو الجزء الموجود على يسار عود $\overline{ح ث}$

ثانياً يكون الضلع الصغير اليمين الذى هو $\overline{ب ح}$ وسطا متناسبا بين وتر الزاوية الذى هو $\overline{أ ب}$ وجزءه الذى هو جزء $\overline{ب ث}$ وهو الجزء الموجود على يمين العمود المذکور

ثالثاً يكون عود $\overline{ش ح}$ وسطا متناسبا بين جزءى وتر الزاوية القائمة اللذين هما $\overline{أ و ا}$ و $\overline{ش ب}$

فعلى هذا اذا كان وتر الزاوية القائمة قطر الدائرة وكان $\overline{ش ح}$ نصف

وترعودى على هذا القطر فان $\overline{أ ح}$ و $\overline{ح ب}$ يكونان وترين آخرتين
متدين من نهاية القطر

وينتج من ذلك ثلاث خواص أولا يكون وتر $\overline{أ ح}$ الموضوع على
الشمال وسطا متناسبا بين قطر $\overline{أ ب}$ وجزءه الذى هو $\overline{أ ث}$ الموضوع
على شمال نصف الوتر العمودى على هذا القطر

ثانيا يكون وتر $\overline{ث ح}$ الموضوع على اليمين وسطا متناسبا بين قطر
 $\overline{أ ب}$ وجزءه الذى هو $\overline{ب ث}$ الموضوع على يمين نصف الوتر العمودى
على هذا القطر ايضا

ثالثا يكون نصف وتر $\overline{ث ح}$ وسطا متناسبا بين جزئى القطر الموضوعين
على شماله ويمينه

وكثيرا ما نستعمل هذه الخواص في تقويم نتائج الآلات وحركاتها

(الدرس السادس)

(في بيان اخذ مسطح الاشكال المستوية المنتهية)

(بمخطوط مستقيمة او مستديرة)

اذا اردنا قياس المسطحات المنتهية بمخطوط مستقيمة او بمخطوط منحنية فالتا
فجعل وحدة المقياس الشكل البسيط الهين الرسم والقسمة وهو المربع الذى
يكون احدا اضلاعه مساويا لوحدة الطول

وينبغي ان نبين أولا كيف يمكن بواسطة هذا المربع قياس مربع اكبر منه
اعنى كيف يمكن معرفة عدد مرات احتواء المربع الاكبر على الاصغر
فنقول

انه بقدر مرات احتوا ضلع المربع الاكبر على ضلع المربع الاصغر يمكن ان نحدث في المربع الاكبر طبقات متوازية يكون عرضها الضلع الاصغر وطولها الضلع الاكبر لكن تكون كل طبقة مشتملة على المربع الاصغر بقدر مرات احتوا الضلع الاكبر على الاصغر بمثلا اذا كان الضلع الاكبر محتويا على الضلع الاصغر عشر مرات فاننا نقسم المربع الاكبر الى عشر طبقات عرضها الضلع الاصغر وطولها هذا الضلع مكررا عشر مرات فاذن تكون كل طبقة مساوية لسطح المربع الاصغر مكررا عشر مرات وعشر مرات مضروبة في مثلها هي عدد المربعات الصغيرة المظروقة في المربع الاكبر ويستدل بتلك البرهنة على انه اذا جعل ضلع اى مربع وحدة الطول كان هذا المربع مظروفا في مربع آخر يكون مقداره ضاعه

$$٣٦ = ٦ \times ٦$$

$$١ = ١ \times ١$$

$$٤٩ = ٧ \times ٧$$

$$٤ = ٢ \times ٢$$

$$٦٤ = ٨ \times ٨$$

$$٩ = ٣ \times ٣$$

$$٨١ = ٩ \times ٩$$

$$١٦ = ٤ \times ٤$$

$$١٠٠ = ١٠ \times ١٠$$

$$٢٥ = ٥ \times ٥$$

فالاعداد التي هي ١ و ٤ و ٩ و ١٦ و ٢٥ و ٣٦ وهلم جرا تسمى تربعات اعداد ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ الخ لانها تبدل على عدد المربعات التي يكون ضلعها وحدة الطول المظروقة في سطح المربعات التي اضلاعها ١ او ٢ او ٣ او ٤ او غير ذلك والاعداد التي هي ١ و ٢ و ٣ و ٤ الدالة على كمية آحاد الطول المظروقة في كل ضلع من المربعات تسمى جزر هذه المربعات

واذا كان المربع الذي يراد قياسه اصغر من الذي جعل وحدة القياس فانه ينبغي تقسيم هذا المربع الاخير الى تقسيمات ثانوية بمعنى ان اضلاعه تقسم الى عشرة اجزاء متساوية ويصنع مائة مربع صغيرة متساوية كل واحد منها

يمكن جعله وحدة القياس فاذا كانت هذه الوحدة كبيرة فانها تقسم ايضا الى اجزاء من مائة مضروبة في مثلها الى عشرة آلاف جزء من الوحدة الاصلية وهم جرا (راجع في المجلد الثاني الدرس الذي يذكر فيه الاقيسة) وبعد تحديد سطح المربع المأخوذ منفردا ينبغي لنا ان نركب المربعات اثنين اثنين ونقول كيف يؤخذ من علم الهندسة بيان مجموعهما اوتفاضلها ما اعنى كيف يمكن على مربع يكون سطحه مساويا لمجموع مربعين معلومين اوتفاضلها

مثلا اذا فرضنا ان \overline{AB} \overline{CD} (شكل ١) و \overline{M} \overline{C} \overline{H} (شكل ٢) هما المربعان المعلومان فالتاسيس مثلث قائم الزاوية بحيث تكون زاويته القائمة التي هي \overline{CS} (شكل ٣) محصورة بين ضلعي $\overline{CS} = \overline{M}$ و $\overline{CS} = \overline{Z}$ و $\overline{AB} = \overline{AB}$ واذا رسمنا مربعين آخرين بواسطة ضلعي \overline{CS} و \overline{CS} فتحصل معنا \overline{CS} - \overline{M} \overline{C} \overline{H} و $\overline{CS} = \overline{Z}$ \overline{AB} فتقول حينئذ ان مربع \overline{CS} \overline{H} \overline{F} الاكبر المرسوم على ضلع \overline{CS} يساوي مجموع المربعين المعلومين

وقد بينا في الدرس الثاني اننا اذا انزلنا في مثلث قائم الزاوية كمثلث \overline{CS} \overline{Z} (شكل ٣) من الزاوية القائمة بعمود \overline{CS} على الضلع الاكبر فانه يتحصل معنا $\overline{CS} : \overline{CS} :: \overline{CS} : \overline{CS}$: $\overline{CS} : \overline{Z}$ وينتج من ذلك ان \overline{CS} مضروبة في \overline{CS} = $\overline{CS} \times \overline{CS}$ و $\overline{Z} : \overline{CS} :: \overline{CS} : \overline{Z}$ وينتج منه ايضا ان $\overline{CS} \times \overline{CS} = \overline{Z} \times \overline{CS}$

فأذن يكون $س ص + ز ص$ أي مجموع مربعي $س ص$ -
 $و ز ص$ ثل مساويا $س ع + ز ع$ أعني $س ز$
 \times $س ز$ الذي هو قياس مربع $س ز$ هـ ف وحيتئذ يكون المربع
 الاكبر مساويا لمجموع المربعين الآخرين

وبناء على ذلك يكون المربع المرسوم على الضلع الاكبر في مثلث قائم الزاوية
 مساويا لمجموع المربعين المرسومين على الصلعين الآخرين
 فاذا اردنا عمل مربع مساو لتفاضل مربعين آخرين قائمتا نضع مثلثا قائم

الزاوية يكون ضلعه الاكبر $س ز$ (شكل ٣) وهو ضلع المربع الاكبر
 ويكون احد ضلعيه الآخرين $س ص$ وهو ضلع المربع الاخير المعلوم
 فيكون ضلع $ص ز$ الثالث من المثلث القائم الزاوية هو ضلع المربع
 المطلوب المساوي لتفاضل المربعين الآخرين حيث انه باضافته الى المربع
 الاصغر يكون مساويا للمربع الاكبر

مثلا اذا لاحظنا ان $٩ = ٣ \times ٣$ وان $٤ \times ٤ = ١٦$ وان
 $٥ \times ٥ = ٢٥$ وان $٩ + ١٦ = ٢٥$ رأينا ان
 ٤ و ٥ هي اضلاع المثلث القائم الزاوية وبسته عمل ارباب الصناعة
 في الغالب هذه الخاصية لتزويل مستقيم $س ص$ (شكل ٣) عودا
 على مستقيم آخر مثل $س ص$ فيقسمون $س ص$ الى ثلاثة اجزاء
 ثم يأخذون من هذه الاجزاء $ص ز = ٤$ و $س ز = ٥$ ويضعون
 مثلث $س ص ز$ الذي يكون فيه $ص ز$ هو العمود المطلوب

ولنفس الآن سطح الاشكال التي تختلف كثيرا عن شكل المربع
 فنقول

ان سطح المستطيل يساوي حاصل ضرب القاعدة في الارتفاع
 ولا يثبت ذلك تقسم $م خ$ (شكل ٤) الى اجزاء مساوية لسطح

أ ب الذي هو من مربع أ ب د ث المجهول وحدة القياس فإذا
مددنا من ق ط التقسيم خطوطا مستقيمة موازية لخط م ن فإنها
تقسم المستطيل إلى طبقات طولها م ن وعرضها ك عرض المربع
وكل طبقة منها تختوى على مسطح مربعات أ ب د ث بقدر احتواء
م ن على أ ب وبناء على ذلك إذا عبر عن خط م ن بالأعداد
وكان أ ب هو وحدة القياس فإنه يستدل على عدد مربعات
أ ب د ث الذي يحتوى عليه مستطيل م ن ح خ بقاعدة
م ن مضروبة في ارتفاع م ح

وقد يلزم في الفنون غالبا أن مربع يكون سطحه مساويا لسطح مستطيل
م ن ح خ وكذلك فصل أطراف ضلعي م ح و م ن (شكل ٥)
بعضها وترسم على مجموعها المعتبر ك قطر نصف دائرة ونقيم من نقطة م
عمود م ر على قطر ح ن ونمد هذا العمود إلى محيط نصف الدائرة
فيحصل معنا (بموجب الدرس الخامس)

$$\text{خ م} : \text{م ر} :: \text{م ر} : \text{م ن} \quad \text{وينتج من ذلك أن} \quad \text{خ م} \\ \times \text{م ن} = \text{م ر}$$

وحينئذ يكون المربع المرسوم على م ر مساويا لمستطيل م ن ح خ
حيث أن قياس سطحهما واحد

وسطح متوازي أضلاع ل م ن ف (شكل ٦) يساوي حاصل
ضرب قاعدته في ارتفاعه

ولأنبات ذلك نمد من ق طنى م و ن عمودى م ح و ن ح
على م ن إلى و ل ح فيكون مثلثا م ح ل و ن ح و
متساويين لأن م ح = ن ح (كتوازيين محصورين بين

متوازيين آخرين) ولان الزوايا المتقابلة متساوية ايضا وحينئذ ادا قابلنا

مستطيل م ن ح خ بمتوازي اضلاع م ن و ل رأينا ان هذا

المستطيل يساوي متوازي الاضلاع بزيادة مثل ل م خ ونقص

مثلث ن و ح وبناء على ذلك يكون سطح متوازي الاضلاع كسطح

المستطيل م قياسا بمائل ضرب قاعدته وهي م ن في ارتفاعه وهو

ح ن

وقد يبين لنا تر يبع ضرب الارقام الاتية سطح المستطيل او متوازي

الاضلاع الذي يعبر عن ضلعيه بالاعداد التي لا تتجاوز عشرة وهما الارقام

المذكورة

١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١
٢٠	١٨	١٦	١٤	١٢	١٠	٨	٦	٤	٢
٣٠	٢٧	٢٤	٢١	١٨	١٥	١٢	٩	٦	٣
٤٠	٣٦	٣٢	٢٨	٢٤	٢٠	١٦	١٢	٨	٤
٥٠	٤٥	٤٠	٣٥	٣٠	٢٥	٢٠	١٥	١٠	٥
٦٠	٥٤	٤٨	٤٢	٣٦	٣٠	٢٤	١٨	١٢	٦
٧٠	٦٣	٥٦	٤٩	٤٢	٣٥	٢٨	٢١	١٤	٧
٨٠	٧٢	٦٤	٥٦	٤٨	٤٠	٣٢	٢٤	١٦	٨
٩٠	٨١	٧٢	٦٣	٥٤	٤٥	٣٦	٢٧	١٨	٩
١٠٠	٩٠	٨٠	٧٠	٦٠	٥٠	٤٠	٣٠	٢٠	١٠

فالسطر الثاني دال على سطح المستطيلات او على متوازيات الاضلاع

التي تكون ارتفاعاتها مساوية لعدد ٢ وقواعدها مساوية لعدد

١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ والسطر الثالث دال على سطح المستطيلات

او على متوازيات الاضلاع التي تكون ارتفاعاتها مساوية لعدد ٣

وقواعدها مساوية لعدد ١ و ٢ و ٣ و ٤ وهم جراوينبغي ان

يكون

يكون عند ارباب الصناعة جدول كهذا الجدول معلق في ورشهم ومصانعهم
ويجب عليهم حفظه في اذهانهم حيث ان هذه المعرفة لازمة لعمل ادنى
شرب

ومسطح كل مثلث مثل $\triangle ABC$ (شكل ٧) يساوي نصف حاصل
ضرب قاعدته في ارتفاعه

وبيان ذلك اتنا اذا رسمنا خط AD موازيا لخط BC وخط AD
موازيا لخط BC فان المثلث الجديد الذي هو $\triangle ABC$ يكون
مساويا للمثلث الاول الذي هو $\triangle ABC$ الا انه يتألف من
 $\triangle ABC$ متوازي الاضلاع الذي يكون سطحه مساويا لخط BC

الذي هو قاعدة مثلث $\triangle ABC$ مضروبة في ارتفاعه وهو AD
فاذن يكون نصف هذا الحاصل مساويا لسطح المثلث
وحيث انه يمكن دائما تقسيم اى شكل منته بخطوط مستقيمة الى مثلثات
فانه يحصل معنا فوراً مساحة مسطح كل شكل كثير الاضلاع منتظماً كان
او غير منتظم وحيث كانت مساحة كل مثلث مساوية لنصف حاصل ضرب
قاعدته في ارتفاعه نشأ عن مجموع حواصل الضرب مساحة السطح المطلوب
وهذه العملية هي احدى العمليات التي تجعل معرفة المثلثات مهمة جداً
في علم الهندسة خصوصاً في اخذ مساحة الاراضى ولنبتدأ الآن هذه العملية
في مساحة شبه المنحرف فنقول

سطح شبه المنحرف يساوي نصف مجموع قاعدتيه مضروباً في ارتفاعه

وذات ان شبه المنحرف $ABCD$ (شكل ٨) الذي ارتفاعه
 h ينقسم بخط AC الذي هو قطر الشكل الى مثلثي $\triangle ABC$
و $\triangle ACD$ اللذين مساحة احدهما $\frac{1}{2} AB \times h$ والثاني

١ $\frac{1}{4}$ د ث \times م \div فيكون مجموع هذين الحاصلين نصف $\overline{أ ب}$
 + $\overline{ث د}$ مضروباً في م \div وهالكـ كيفية وضعها $\frac{1}{4}$
 (أ ب + $\overline{ث د}$) م \div

فإذا نتـحل معنا هذا الحاصل ووجدنا على الفور مربعاً مكافئاً للشبه
 المخرف بأن قيس $\overline{أ ب} + \overline{ث د}$ (شكل ٢٨) الذي يستدل
 عليه بخط م ن المنفرد (شكل ٥) ونجعل م ح $= \frac{1}{4}$
 م \div ونرسم نصف دائرة ح ر ن فيصير عمود م ر هو ضلع
 المربع المطلوب
 وسطح كثير الاضلاع المنتظم يساوى نصف محيطه مضروباً في بعد مركـه
 عن احد اضلاعه

وبيانه اننا اذا مددنا من نقطة و التي هي مركز كثير اضلاع $\overline{أ ب ث د}$
 الخ الى الروس الاخر (شكل ٩) خطوطاً مستقيمة فالتسا تقسم هذا
 الشكل الى مثلثات متساوية مثل $\overline{أ و ب}$ و $\overline{ب و ث}$ و $\overline{ث و د}$
 وهلم جرا فإذا كان و م هو بعد المركز عن كل ضلع وكان عين ارتفاع هذه
 المثلثات كان قياس كل مثلث منها $\frac{1}{4} \overline{أ ب} \times \overline{و م}$ وقياس المسطح
 الكلى $\frac{1}{4} (\overline{أ ب} + \overline{ب ث} + \overline{ث د} + \text{وهلم جرا}) \times \overline{و م}$ او
 $\frac{1}{4} (\overline{أ ب ث د الخ}) \times \overline{و م}$

وكثير الاضلاع المنتظم يغير الدائرة التي يكون مرسوماً في داخلها تغايراً
 اقل من ازدياد عدد اضلاعه فإذا ضاعفنا عدد الاضلاع على قدر الكفاية كان
 الفرق اقل من كل كمية مفروضة فاذن يمكن اعتبار الدائرة كشكل كثير
 الاضلاع له من الاضلاع الصغيرة عدد جسيم بحيث لا يكون عمود و م

مغاير ايكمية معلومة لنصف قطر $و$ $ا$ واذن ثبت المطلوب
وبناء عليه يكون سطح الدائرة مساويا لمحيطها مضروبا في ربع قطرها ونصف
محيطها مضروبا في نصف قطرها

(بيان استحالة تربيع الدائرة)

يسهل علينا بواسطة الحاصل المبين في (شكل ٥) احداث مربع يكون
سطحه مساويا لسطح دائرة معلومة اذا امكن احداث خط مستقيم طوله
مساو مع الضبط لمحيط الدائرة التي يكون نصف قطرها معلوما الا انه يمكن
تحصيل قياس اي خط مستقيم مع الضبط فكذلك احداث مربع مكافئ
للدائرة (وهذا هو المسمى بتربيع الدائرة) وهذه المسئلة من جملة المسائل التي
يستحيل حلها مع الضبط وينبغي ان لا يصرف التلامذة زمانهم واذهانهم
في الامور التي لا ينجحون فيها

ويمكن ان نبين بالاعداد المقدار المقارب لمحيط الدائرة وسطحها بان نشير الى
القطر بعدد

١٠٠ و ١٠٠٠ و ١٠٠٠٠ و ١٠٠٠٠٠ وهلم جرا والى
المحيط بعدد

٦٢٨ و ٦٢٨٣ و ٦٢٨٣١ و ٦٢٨٣١٣ والى السطح بعدد
٣١٤ و ٣١٤١ و ٣١٤١٥ و ٣١٤١٥٦ الخ

واذا اكتفينا عن سطح الدائرة الكلي بسطح قطاع الدائرة وهو $اوب$
(شكل ٩) الذي يكون قوسه نصف المحيط او ثلثه او ربعه الخ رأينا ان
هذا القطاع يكون ايضا نصف سطح الدائرة او ثلثه او ربعه وهلم جرا وبكفي
لتحصيل قياسه ضرب ربع القطر في طول قوس $ا هـ ب$ المحصور بين
ضلعي $وا$ و $وب$ فاذا طرحنا من هذا الحاصل حاصل ضرب
 $\frac{1}{4} ا ب \times و م =$ لسطح مثلث $واب$ فانه يحصل معنا
مسطح قطعة الدائرة وهي $ا هـ ب$

(بيان مماثلة سطح الاشكال المتشابهة لبعضها)

اولاً نذكر مماثلة المثلثات لبعضها فنقول

نسبة سطح كل مثلثين متشابهين تساوى نسبة تريع خطين من الخطوط المتقابلة او المتساطرة مثلاً اذا فرضنا ان مثلثي **اوب** و **اود** (شكل ١١) اللذين قاعدتا هما تساوى نصف ارتفاعهما فان احدهم ربعي

ا ب ث د و **ا ر ش** المرسوم على قاعدتهما المعتبرة ضلعاً يكون مساوياً لهما في السطح فاذا نقصت الارتفاعات اوزادت بالتناوب وكانت القاعدة باقية على حالها حدث مثلثات متشابهة كمثلثي **س ا ب**

و **س ا ر** اللذين ينقص سطحهما او يزيد في نسبة واحدة عندما تكون قاعدتهما واحدة وبناء على ذلك اذا كانت نسبة السطوح مساوية لهما من

مبدء الامر ربعي القواعد اللذين هما **ا ب ث د** و **ا ر ش** فان هذه النسب تكون على حالة واحدة في جميع الاحوال

ويمكن تقسيم سائر الاشكال المتشابهة الى عدد واحد من المثلثات المتشابهة التي تكون نسبتها لبعضها كنسبة مربعي خطين متقابلين فاذا ثبت المطلوب

ونسبة سطوح الاشكال المتشابهة (المنتهية بخطوط مستقيمة) الى بعضها كنسبة المربعات المرسومة على خطين متقابلين متناظرين الى بعضها

فلذا اذا كان كثير الاضلاع اللذان هما **ا ب ث د ه ف ا**

و **ا ر ش ه ذ ا** (شكل ١٢) متشابهين فان نسبة سطوحهما

تكون كنسبة مربعي **ا ب م ن** و **ا ر م ن** المرسومين على ضلعي **ا ب** و **ا ر** المتقابلين

وكذلك يبرهن على ان سطوح الدوائر التي هي اشكال متشابهة تكون مناسبة للمربعات المرسومة على انصاف اقطارها وعلى اقطارها المعتبرة كالاضلاع

واستعمال هذه التناسبات سهل في الغالب وذلك لان سطح الدائرة التي نصف

قطرها يساوى الوحدة لا يمكن التعبير عنه ولو على وجه التقريب اذا اردنا ضبطه ضبطا واهيا الا باعداد مبهمه غير انه يمكن معرفة نسب السطوح في العادة مع السهولة التامة

ولذا كررنا خاصيتين عظمتين في شأن سطح الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة والدوائر يدون ذكر برهنتهما لان هذه البرهنة مبنية على قواعد علمية متينة جدا فنقول

احدهما ان جميع الاشكال الكثيرة الاضلاع المتساوية في المحيط وعدد الاضلاع اكبرها مسطحا هو كثير الاضلاع المنتظم الثانية انه عند تساوى محيطات الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة يكون اكبرها مسطحا هو الذى يكون عدد اضلاعه اكثر فحينئذ يكون لجميع الاشكال المركبة من الاضلاع المستقيمة او المنحنية مسطح اقل من سطح الدائرة

* (بيان اجراء العملية) *

لابد من معرفة الخاصيتين المذكورتين في تنظيم عدة من الفنون فكمية الرصاص التى ينبغى استعمالها في تركيب الزجاج القديم ذى المسافة المحدودة تكون قليلة جدا فاذا كان عدد اضلاع الزجاج معلوما كانت اشكالها منتظمة

وكذلك اذا اقتضى الحال عمل مجار للمياه او للغاز او غيرها ولزم لهذه المجارى ان تفتح طرقا لمقدار معلوم من السائل فان كمية الخشب او المعدن المستعملة لهذه المجارى تكون قليلة جدا اذا كانت تلك المجارى مستديرة

واذا كان المطلوب في فن المبانى ارتفاع العمارة ومحيطها وكذلك امتداد اسوارها الخارجية فان المسافة التى يمكن احاطتها بكمية واحدة من البناء تكون كبيرة جدا كلما قرب شكل العمارة من شكل كثير الاضلاع المنتظم او من كثير الاضلاع الذى يكون عدد اضلاعه كثيرا

ولنتكلم الآن على السطح غير المنتهى من المستوى الذى رسمنا عليه الاشكال
المنوعة التى ذكرنا قياسها آنفا فنقول متى كانت نقطتان من المستقيم على
المستوى فانه يكون موجودا تماما على هذا المستوى وتستعمل هذه
الخاصية فى القنون لرسم سطوح ميسوية وقطع مسافات مستوية ايضا
(بيان اجراء العملية فى صناعة الصبى) *

اذا اردنا كما فى فن صناعة الصبى ان نحدد قطعة من الارض ونجعلها على
صورة سطح مستو فالتضع شاخصين متوازيين او بروازا مستويا مثل
م ن ح ح (شكل ١٣) ثم نتقدم مع التوازي بواسطة مسطرة
ض ط انقائمة المستندة على شاخصى م ن و ح ح ونصل
او نحصر جميع الارض البارزة فوق المستوى المار بشاخصى م ن
و ح ح ولا يلزم ان يكون برواز م ن ح ح مركبا من
مستقيمتين متوازيتين مثل م ن و ح ح و م ح و ن ح
وانما يكتفى بتلاقى هذه المستقيمتين اثنتين اذا اردنا امتدادها
(بيان اجراء العملية فى قطع الاوتاد)

للمناشير المعدة لقطع الاوتاد على موجب مستواقى معلوم الانخفاض تحت
الماء حركة منتظمة بشاخصى م ن و ح ح (شكل ١٣)
الذين هما على بعد واحد من المستوى الافقى الذى تقطع عليه رؤس الاوتاد
ويكون منشار ض ط خطا مستقيما معترضا مد لولا عليه بخط
ض ط الموازى له وحيث كان هذا الخط الموازى على بعد واحد من
المنشار وكان مشدودا ببرواز ض ط ض ط القائم ومستند على
شاخصى م ن و ح ح فان المنشار يرسم مستويا مثل
م ن ح ح موازيا لبرواز م ن ح ح

ولاجل ان يمهّد النجار لواح من الخشب ويصله ويساويه يستعمل آلة تسمى
القارة ويبدأ بصب اطراف هذا اللوح اعنى انه يصيرها مستقيمة بواسطة

القضارة التي خشبها مستقيم وحديد هاريزيل جميع ما هو بارز على هذا اللوح
ليحصل الاتحاد بين اللوح المذكور وخشب القضارة ثم يسمح بهذه الآلة مع المرور
من الجهة المنتهية الى الاخرى لرسم جملة من الخطوط المستقيمة المتوسطة
المارة بخطوط الاطراف

ثم ان نشار الطول والنجار يعينان فوق الخشبة التي يريد اصلاح جهة منها
وكذلك تحتها رسم المستوى المراد عمله ثم يوجه النشار منشاره والنجار قادومه
على هذين الرسمين

والى الان لم نعتبر الا مستويا واحدا وخطوطا مرسومة عليه فلنقابل بالتوالي
المستوى مع الخطوط التي لا تكون كلها مظروفة فيه وتقابل ايضا عدة
مستويات ببعضها فنقول انه يمكن ان يكون الخط المستقيم عمودا او مائلا على
مستوى معلوم او موازيا له

فاذا فرضنا ان **أ ب** (شكل ١٤) هو الخط القصير الذي يمكن مده من
نقطة **أ** على مستوى **م ن ح ح** فبناء على ذلك يكون ذلك الخط
اقصر خط يمكن مده من نقطة **أ** المذكورة على اى خط مستقيم مرسوم
في المستوى فاذا ن يكون هذا الخط عمودا على مستقيمي **ب ه**
و ب ف المرسومين على المستوى من موقع **ب** من هذا العمود
فيقال حينئذ ان مستقيمي **أ ب** هو العمود على مستوى

م ن ح ح

وبناء على ذلك يكون اولا العمود الممتد من اى نقطة على اى مستوكان هو
اقصر بعد بين النقطة والمستوى وثانيا: يكون عمودا على سائر الخطوط
المرسومة من موقعه في المستوى المذكور

وبالجملة اذا اخذنا مسطرة مثلية لتديرها على احد ضلعي زاويتها القائمة
فان الضلع الاخير يرسم بالضرورة مستويا

ويستعملون هذه الخاصية الهندسية الاخيرة في تركيب الآلات المأخوذة
من علم النظر على الهيئة والملاحظة وغيرهما

وحيث كان **أ ب** (شكل ١٤) عمودا على مستوى **م ن ح ح**
فان كل خط مثل **أ د** او **أ ه** متمدن نقطة **أ** على احد خطوط

د ب ف المرسوم على المستوى يكون مائلا بالنظر للخط والمستوى
وعلى ذلك يكون كل مائل من مائلي **أ د** و **أ ه** بالنظر للسطح والخط
المستقيم اطول من عمود **أ ب** وكلما تباعد عنه كبر طولهما
واذا فرضنا اننا مددنا من نقطة **أ** سائر الخطوط المائلة التي يمكن مدها

على مستقيم **د ب ف** المرسوم على المستوى والمائل بموقع **ب** من
العمود فان كل نقطة مثل **د** و **ف** وغيرهما من مستقيم

د ب ف ترسم دائرة في مستوى **م ن ح ح** وتصور نقط
كل دائرة على بعد واحد من نقطة **أ** التي هي من العمود المذكور

ويطلق اسم محور الدائرة على العمود النازل على مستوى هذه الدائرة المتمد
من المركز فاذن يكون هذا المحور عمودا على سائر انصاف اقطار تلك
الدائرة

وقد يكون محور العجلة عمودا على مستويها وبناء على ذلك اذا دارت هذه
العجلة على محورها فان كلا من نقطتها يتحرك بدون ان يترك هذا المستوى
وعلى هذا لا يتغير موضع العجلة بالنسبة للاشياء المكتشفة بها وانما تأخذ نقطتها
المتنوعة مواضع بعضها

وقد بنوا على هذه القاعدة الهندسية حركة اجار الطاحون فجعلوا حجرين على
محور واحد فصارت اوجهما المستوية عمودية على هذا المحور فكانت بذلك
موازية لبعضها وكان احد هذين الحجرين يمسك ثابتا بخلاف الاخر فانه يكون
متحركا على هذا المحور الا ان العجلة المتحركة حين تدور بحيث يكون وجهها
المستوى الاسفل يدور معها وتكون حركته على نفسه تمكث دائما على بعد
واحد من الوجه المستوي الاعلى للعجلة الثابتة فعلى ذلك اذا كان بعد هذه
العجلات منتظما بحيث لا يمكن لحبوب البر المرود بين الحجرين من غير ان تلعن

فان الطحن حيث نديم سائر النقط الموجودة بين الحجرين وفي ذلك فائدة عظيمة ويلزم مزيد الضبط في اجراء عملية الآلات فاذا كان توازي العجلات غير تام وكان عمود الحجر المتحرك غير عمودي على مستوى هذه العجلات بل كان له ميل قليل عند محركة ذات اليمين وذات الشمال فان مستوى الحجرين لا يمكن ان دائم على بعد واحد في جميع هذه الصور واذا تقاربت الاجزاء تشاربا كليا من بعضها وبلغ الطحن الغاية في الشدة ترتب على ذلك مخونة الحبوب وتلفها بخلاف ما اذا لم تتقارب الاجزاء قربا مناسبا فانه يتعذر طحن الحب ويكون دوران العجلات خاليا عن الفائدة فمرعاة الضبط في هذا الشأن اولى من مراعاة الزينة والزخرفة واتباع ما نسوله النفس في ذلك من الامور فهذا الشرط لا بد منه في نجاح العملية

(بيان عملية خرط الاجسام)

قد تكون الخواص التي ذكرناها آتفا مستعملة في الفنون لرسم الدوائر بواسطة المخرطة وهي آلة ذات نقطتين ثابتتين يعلق فيها الجسم الذي يراد خرطه فاذا وضعنا هذه الآلة الحادة وضعا ثابتا وادركنا الجسم فانها ترزىل اجزاء الجسم البارزة وترسم فيه دائرة يكون محورها الخط المستقيم المار بنقطتيها الثابتتين ويكون مركزها ايضا على هذا الخط المستقيم فاذا فرضنا ان حد الآلة يتقدم في الرسم بالتدريج على صورة خط عمودي على هذا الخط المستقيم فان جميع الدوائر التي ترسم بالتوالي بواسطة الحد المذكور تكون موضوعة على مستو عمودي على المستقيم المذكور المار بطرفي المخرطة ولذا يمكن استعمال هذه المخرطة في رسم اى مستو كان وهذه هي الطريقة المستعملة في معامل الآلات التي يحتاج فيها لقطع السطوح المعدنية او اطراف الاسطوانات التي ينبغي تحريك اطرافها على بعضها مع غاية الضبط على ما تقتضيه صورة المستوى

(بيان استعمال الآلة التي ابتدعها برامة في شان)

* (قطع السطوح المستوية) *

كان برامة المذكور يدور حول محور منتصب ثابت بحلة انقضية محتوية على عدة آلات حادة وجميع هذه الآلات لا تبرز مع التساوى تحت مستوى الدائرة وانما تجتمع خمسة اوسمة وتبرز بالتدريج وقد تكون قطعة الخشب المراد اصلاحها موضوعة على بحلة انقضية تتقدم وتترى تحت البحلة ذات الآلات الحادة فحدود كل بحلة من الآلات المذكورة تخرط قطعة الخشب بحيث يكون اقل تلك الآلات بروزا يخرط الخرطة الاولى المقورة بالتدريج بواسطة الحدود الاربعة والخمسة من كل بحلة وبعد ذلك تكون القطعة المستمرة في التقدم مصالحة الجزء التالي بواسطة بحلة اخرى ذات خمسة حدود اوسمة فاذا احدثت الآلات الحادة المنتشرة على محيط البحلة في قطعة خشب الخرز والضيقة جدا فان القارة الثابتة على البحلة والمساوية في الارتفاع للآلات الحادة البارزة كبر منها تمر على قطعة الخشب التي ترسمها الآلات المذكورة وتزيل تعريجات هذه الخطوط وبذلك يتم تمهيد قطعة الخشب واصلاحها

وكل خطين عمودين مثل اب و ثد (شكل ١٥) على مستوى واحد مثل م ن ح ح يكونان متوازيين ولاجل البرهنة على ذلك نمد من ب و د اللذين هما موقعا هذين العمودين مستقيمين ب د على المستوى ثم نقيم على هذا المستوى من منتصف ب د وهو و عود ه و ف فاذا جعلنا و ه = و ف كانت تقطعا ب و د على بعد واحد من و و ف وزيادة على ذلك يكون ك كل من تقطعي ا و ث من خطي اب و ثد العمودين على مستوى م ن ح ح على بعد واحد ايضا من تقطعي ه و ف وبيان ذلك اننا اذا مدنا ما على ف د و ه د وكان هذان المائلان على بعد

واحد من عمود ود على هوف فانهما يكونان متساويين وكذلك اذا كانا مثلا ثه و ثف على بعد واحد من عمود ند من المستوى فانهما يكونان متساويين ايضا بالجملة فعلى ما ذكر يكون خطا ه ا و ا ب متساويين فلذلك ينتسب ككل من عمودي ا ب و ث د الى المستوى المنفرد المحتوى على سائر النقط التي على بعد واحد من تقطعي ه و و الثابتين فبناء على ذلك يكون كل من خطي ا ب و ث د العمودين على مستقيم واحد مثل ب د موجودا على مستوي واحد ويكونان ايضا متوازيين

ثم ان السطح الافقي هو الذي يستدل عليه بالمياه الراكدة بالابتداء من اي نقطة من هذا السطح ويطلق على العمود النازل على هذا المستوى اسم المنتصب فبناء على ذلك تكون سائر الخطوط المنتصبة متوازية بالنظر لمستوا افقي معلوم

والشاقول هو خيط مقبوض على احد طرفيه باليد او مربوط في نقطة ثابتة وبطرفه الاخر قطعة رصاص فاذا استقر هذا الخيط استقر اراما كان له اتجاه منتصب المكان الذي يكون فيه الانسان وعلى ذلك فيمكن استعماله ليعرف هل الخط والمستوى الذي هو س ص (شكل ٦ مكرر)

افقي ام لا ولذا يستعمل البنائون مثلثا مثل ه ا ث و يطلقون عليه اسم آلة التسوية وهي مركبة من ضلعي ه ا و ه ث المتساويين ومن عارضة

ع ث التي يكون منتصبها وهو و موجودا على مستقيم ه و ب العمودي على ا ب فاذا كان ا ب ثاقبا فانه ينبغي حين وضعه فوق آلة التسوية وتعيين الشاقول في نقطة ه

ان يمس هذا الخيط ع و في نقطة و المينة بالعلامة وتسمى المستويات للمنتصبة باسم المستويات المحتوى سطحها على المنتصب

بشأنه فاذا مددنا خطا منتصبا من نقطة اى مستوكان فانه ينبغي ان يكون
موضوعا بتمامه في ذلك المستوى حيث انه مواز للمنتصب الاول للموضوع
على المستوى المذكور

والمستويان المنتصبان يتقاطعان بالضرورة بواسطة مستقيم منتصب حيث
انه يلزم ان يكون المنتصب الممتد من النقطة المشتركة بينهما موجودا بتمامه
على كل من المستويين ويكثر استعمال المستويات الاقية والمنتصبة
والخطوط المنتصبة في عدة من الفنون لاسيما ما يتعلق منها بالعمارات

وكذلك تكون في مساكن القومج الارضيات والسقوف والتحامات الحجارة
التحت والطوب الاجر من اسفلها واعلاها في الجدران العادية على اشكال
مستوية اقية

واما مستويات الجدران الخارجية والداخلية والحوارج فهي مستويات
منتصبة وكذلك الاضلاع التي تتكون من الجدران وجهات الابواب
والشبابيك وغيرها فهي منتصبة الشكل لانها توجد كلها على مستويات
منتصبين

ونفرض في رسم الهندسة الوصفية وقطع الاجار والاشخاب والمباني من
حيث هي ان الرسم الاول يعمل على مستواقي والثاني على مستو منتصب
واذا كان المستوى المذكور خارج العمارة يطلق عليه اسم الارتفاع واذا كان
ماربا يسمى بالقطع

واذا امر خط مستقيم بنقطتي $\overline{ا}$ و $\overline{ب}$ (شكل ١٦) اللتين على بعد
واحد من مستوى $\overline{م ن ح}$ فان جميع النقط الاخرى من هذا
المستقيم وهو $\overline{ا ب}$ تكون ايضا على بعد واحد من هذا المستوى

وبين ذلك اننا اذا مددنا من $\overline{ا ب}$ متوازيات $\overline{ا ب}$ و $\overline{ب د}$
و $\overline{د ه}$ عمودية على مستوى $\overline{م ن ح}$ فانه ينتج معنا عند رسم
مستقيم $\overline{ب د}$ في هذا المستوى ان $\overline{ا ب} = \overline{د ه}$

= ش د مهما كان وضع نقطة ه

ويتألف من مجموع هذه المستقيمات النازلة من نقطة أ (شكل ١٦) العمودية على أ ب متوقاذن يكون أ ب مقياس إبعاد ساير نقط هذا المستوى من مستوى م ن ح ح وحينئذ يكون المستويان العمودان على مستقيم أ ب المذكور على بعد واحد من بعضهما وكذلك إذا كان خطا أ ب و ش د عمودين على أحد المستويين فانهما يكونان عمودين على المستوى الآخر ويقيسان أقصر بعد بين هذين المستويين

وإذا تلاقى مستويان مثل ن ح ح و ن ح ر ص فانهما يتقاطعان في مستقيم ن ح

وبيان ذلك أننا إذا مددنا من نقطتين من نقط التلاقي كنقطتي ن و ح مستقيما فانه ينبغي ان يكون هذا المستقيم تمامه على المستويين المحتويين على هاتين النقطتين وبناء على ذلك يكون هذا الخط مشتركا بين هذين المستويين

وإذا فرضنا ان مستوى ن ح ح م يكون مائلا قليلا او كثيرا على ن ح ر ص فانه يحصل معناه زاوية صغيرة او كبيرة مضمرة بين مستويي ن ح ح م و ن ح ر ص وهالكيفية قياس هذه الزاوية

وهي ان تمدد (شكل ١٧) في المستوى الاول خط ش أ وفي الثاني ش ب عمودين على مستقيم ن ح المشترك بين المستويين ويستدل على الزاوية المكونة من هذين المستويين بالزاوية المكونة من المستقيمين المذكورين

وإذا فرضنا ان مستوى ن ح ح م يدور حول ن ح كلبدور حول أي محور كان فان كلا من قط هذا المستوى يرسم دائرة ويجوب

المستوى نفسه سائر المسافة الموجودة حول المحور اذا قطع كل من نقط محيط
الدائرة تمامه واذ اقسمناه هذه المسافة المقطوعة الى اجزاء متساوية فان كل
نقطة نرسم في كل جزء عددا واحدا من الدرجات وحيث يكون هذا العدد

مع القياس زاوية المستويين الدائرين حول ن ح

وقد يعمل صناعات آلات العلوم الرياضية للمجيب والملاحين ومهندسي
الجغرافيا آلات تقاس بها الزاوية الحادة من مستويع آخر وتكون هذه
الآلات مصنوعة غالباً على حسب القاعدة التي ذكرناها آفا ويكرن آ ب
الذي هو قوس الدائرة الممرجة (شكل ١٧) في مستويع محدد بخيوط

عضادتي ث أ و ث ب العموديتين على المستويين اللذين ينبغي
قياس ميلهما وتكون نهاية ب ثابتة على احدهذين المستويين ونقطة
 أ التي يقطع القوس فيها المستوى الاخر دالة على عدد درجات ميل هذين
المستويين

ولاجل تحديد اتجاه مستو مائل نضعه عادة على مستو افقي نلحظ تقاطع
المستوى المائل على المستوى الافقي هو المسعى باثر المستوى المائل وبناء على
ذلك اذا رجعنا بوجه عمودي على هذا الاثر او لاخطا اقصيا وانابنا خطا مستقيما
موضوعا على المستوى المائل فان الزاوية الواقعة المتكونة منهما تكون دالة على
زاوية المستويين

ويكون خط ث أ المائل (شكل ١٧) الذي يبناه انفسا مائلا اكثر
من كل خط مرسوم على المستوى المائل وهو ن ح ح م

ولاجل البرهنة على ذلك نرسم افقي س و ص موازيا لاثري ن ح
من المستوى المائل و ث أ عمودا على المتوازيين فيكون ن و
قياس بعدهذين المستويين فاذا انزلنا بنقط س و ص من المستوى
المائل الموضوع على ارتفاع واحد على نقط ح و ث و ن الخ

المتساوية أيضا كان اقصر بعد اعنى خط الانحدار الاكبر هو خط و

العمودى على متوازي س و ص و ح ث

واذا تكلمنا على السطوح المخفية رأينا ان في استعمال الخطوط الاقية
والخطوط ذات الانحدار الاكبر فائدة عظيمة في رسم صورة هذه السطوح
على المستويات

وقد يكون كل من المستويين عمودا على الآخر اذا تألف منهما من جهتي
اليمين والشمال زوايا متساوية وتكون هذه الزوايا المسووجة بخطوط مستقيمة
عمودية قائمة

واذا كان مستقيم عمودا على مستو كانت جميع المستويات الجديدة الممتدة من
هذا المستقيم عمودية على ذلك المستوى

وليكن أ ب (شكل ١٨) عمودا على مستوى م ن ح ح

و ف ع د ه هو المستوى الممتد من أ ب فاذا رسمنا على

م ن ح ح ا ث عمودا على ع د فان زاوية ب ا ث التي
يقاس بها ميل هذين المستويين تكون قائمة وبناء على ذلك يكون كل من
المستويين عمودا على الآخر

واذا كان المستويان المتوازيان مقطوعين بثالث فان مستقيبي التقاطع
يكونان متوازيين والافهما متلاقيان في بعض الجهات فاذا نيتا لاقى كل من
المستويين الاول والثاني اللذين هما جزء من هذين المستقيمين وبناء على ذلك
يكونان غير متوازيين

وكل مستقيمين متوازيين منحصرين بين مستويين متوازيين يكونان
متساويين ويماثل ذلك انما اذا مددنا من هذين المستقيمين مستويا ثالثا فانه
يقطع المستويين الاولين بحسب المتوازيين الجديدين المشتكين على المتوازيين
الاولين فاذا ن يكون المتوازيان المنحصران بين المتوازيين متساويين

وكل مستقيين مثل ا ب ث و د ه ف (شكل ١٩) مقطوعين
بثلاثة مستويات متوازية مثل ن ج و ج ر و ض ط
يكونان مقطوعين الى اجزاء متناسبة

ولاجل البرهنة على ذلك نعد ا ه ف موازيا د ه ف وحيث ان ه
ر ف و ه و ف هي تقاطع هذين المستقيين مع مستوى
ح ر و ض ط ينتج معنا ا ه = د ه و ه ن = ه ف
غير ان مستقيي ا ب ث و ا ه ف موضوعان على مستوي واحد قاطع
لمستويي ح ر و ض ط بحسب مستقيي ب ه و ث ن
المتوازيين فاذن يتحصل معنا هذه النسبة

ا ب : ب ث :: ا ه : ه ن :: د ه : ه ف

وقد بقي علينا ان نتكلم الآن على الزوايا المجسمة مثل ا ب ث المتألقة
من مستقيات وا و ب و و ث الثلاثة المتلاقية في نقطة و
الدالة على ثلاثة اجزاء من مستويات اوب و بوث و ثوا
وقد تدل هذه الزاوية كما يترآى لنا على ثلاث زوايا عادية مثل اوب
و بوث و ثوا وعلى الزوايا الثلاثة الحادثة من المستويات
المأخوذة اثنين اثنين ويؤخذ من الهندسة الوصفية الطرق التي يعرف بها الزوايا
المتألقة مع المستويات من المتوازيات ومن الزوايا الحادثة من الخطوط
وبالعكس

* (الدرس السابع) *

* (في بيان الجسمات المنتهية بالمستويات) *

قد ذكرنا لك خواص الخط المستقيم والدائرة وبجئنا بالتوالي عن الاشكال
التي تقدمها الصناعة اما بالخطوط المستقيمة لوبالدوائر ولنتكلم الآن بهذه
الطريقة على المجسمات التي يمكن تمثيلها اولا بواسطة المستويات
ونانيا بواسطة السطوح المخفية المأخوذة من الدوائر فنقول
كل مجسمين صليين يكونان متساويين اذا فرض انهما خارجان من قالب واحد
كصورة نصف شخص وصورة صغيرة صانعهما جسام واحد

وكل مجسمين صليين مثل م ن و د ه ف و م ه و د ه ف
(شكل ٢٣) يكونان متماثلين الصورة والوضع اذا امكن اتصال نقطتهما
المتقابلتين بخطوط مستقيمة متوازية يكون منتصفهما على مستوى
أ ب ه الممردى عليهما وهذا المستوى هو تماثل مجموعتهما

(بيان اجراء العملية)

فد يحتاج في الصناعة لان يحدث في كل وقت اجسام متماثلة بالنسبة لاجسام
اخر واجسام مركبة من جزئين متماثلين كالعمارات المنتظمة والهياكل
والقصور المبنية على حسب مستوا واحد

وليس الغرض من الانتظام في الغالب الا الزينة واللطافة بالنظر لمحصلات
الصناعة المقصود منها الثبات والادوام كالبيوت والكنائس وغير ذلك
وقد يكون الانتظام المذكور لازما لعدة عظيمة من الاجسام التي تحدث عدة
حركات متساوية مع السهولة جهتي اليمين والشمال وهذا هو الحكم في كون
القدرة الالهية جعلت لا غلب الحيوانات ضلعين متماثلين متصلين بمستوى
واحد تمتد في حركتها المتتابعة الاعتيادية وعلى مقتضى هذا الاصل قد جعل
المهندس البحري جهتي اليمين والشمال من سفنه متماثلتين بالنسبة للمستوى
الذي يبين اتجاها السير المتوالي وقد تكون العربات ايضا متماثلة بالنسبة لهذا

المستوى على حسب قاعدة تضاهي هذا الاصل وهلم جرا (راجع المجلد الثاني من الكتاب عند ذكر الالات)

والقضيب هو واحد الاجسام الصلبة غير المتناهية التي اوجهاها المستوية منتهية بخطوط مستقيمة متوازية وتسمى اضلاعا ويتألف المنشور من قطع القضيب بواسطة مستويين متوازيين ومن ذلك يحصل معنا القطعان المسميان بالقاعدتين وهما شكلان كثيرا الاضلاع عددا اضلاعهما مساو لعدد اوجها المنشور وقد يكون هذا المنشور قائما او مائلا على حسب كون القاعدتين عموديتين او مائلتين بالنسبة لاضلاع المنشور وقد يكون مخروطا ناقصا اذا لم تكن القاعدتان متوازيتين

ويكون المنشور القائم منتظما بالنسبة للمستوى الذي يقطع في زاوية قائمة من المنتصف اضلاعه التي تكون حينئذ اعمدة متممة لشروط الانتظام وهما ايضا مناشير ناقصة منتظمة بالنسبة للمستوى الذي يقطع كذلك في زاوية قائمة من المنتصف جميع اضلاعها

(شكل ١) ويكون للمنشور المثلثي ثلاثة اوجها وزيادة على ذلك يكون له قاعدتان مثلثتان وجميع التغيرات التي تحصل في شكل المثلث تحصل ايضا في شكل المنشور المثلثي

(بيان اجراء العملية في علم النظر)

يستعمل الطبيعيون منشورا من زجاج او بلور لتحليل الضوء الذي تفصل اشعته المختلفة في حال مرورها وجها من المنشور لتدخل فيه ووجها آخر تخرج منه وحينئذ يرى بالترتيب الاتي الالوان السبعة الاصلية وهي الاحمر والبرتقاني والاصفر والاخضر والازرق والبنيلي والبنفسجي وهذا هو الذي يطلق عليه اسم شعاع الشمس

(بيان اجراء العملية في علم المباني)

يستعمل البناء منشور ابثدوف القائم المثلثي ذا القواعد

المنتظمة (شكل ٧) ليصنع سطح العمارات المنتظمة الذي له وجهان وقوسرات او حائط جلون ويستعمل المنشور الناقص المنتظم (شكل ٨) في السطوح ذات الجوانب الاربع وهذا الشكل هو شكل تلال الاجار المصطفة على جوانب الطرق التي ينبغي اصلاحها وحيث كان هذا الشكل منتظما وسهل القياس امكن في اسرع وقت تحقيق كمية الاجار التي يحتوي عليها كل تل وبهذا الداعي يكون ذلك الشكل كثير الاستعمال في تلال الرصاص والكلل المصنوعة التي في حواصل الطوبجية

*** (بيان اجراء العملية في الميكانيكة) ***

يستعملون في صناعة الآلات منشورا مثلثيا ذا قواعد منتظمة وشاخسا ثابتا تجوز به البراويز والعربات التي يراد أن يكون سيرها كامل الاستقامة والمنشور المربعي (شكل ٢) هو الذي يحتوي على اربعة اوجه ويكون كل من قاعدتيه شكلا مربعا كما يدل على ذلك اسمه فاذا كان المربع متوازي الاضلاع فان المنشور يسمى متوازي السطوح ويسمى ايضا متوازي المستطيلات اذا كانت جميع اوجهه زوايا قائمة وزيادة على ذلك اذا كانت القاعدة مربعا فانه يسمى متوازي السطوح المربعي وهو شبيه بالمسطرة التي تستعمل لتسطير الورق وبالجمله فاذا كانت جميع اوجه متوازي السطوح مربعات فانه يسمى قدحاً مكعباً وهو ما يستعمل في لعب النرد

ولامناشير القائمة المربعة ذات القواعد المنتظمة مستويات منتظمة موازية لاضلاعها ومارة بمجورتها كل قاعدة

فاذا كانت القاعدة مستطيلة كان للمنشور ثلاثة مستويات منتظمة موازية للاوجه الستة المأخوذة شتى شتى واذا كانت القاعدة شكلاً معيناً كان للمنشور ثلاثة مستويات منتظمة احدها المستوى الذي يكون على بعد واحد من القاعدتين ثانيها وثالثها المستوى المارة باقطار الشكل المتوازية من قواعد المعينات

وفي المكعب تسعة مستويات متماثلة منها ثلاثة موازية للاوجه وثلاثة مارة

بأقطار شكل هذه الواجهة

وفي كل من هذه المناشير تمر مستويات التماسيل بالنقطة المعلومة التي هي مركز المنشور وتتقاطع مثنى مثنى على الخطوط المحمولة أقطارا ومحاور للمنشور المذكور * ولهذه النقطة وتلك الخطوط خواص نافعة في علم الميكانيكا سندكرها في المجلد الثاني من هذا الكتاب (عند ذكر الآلات)

(بيان اجراء عدة عمليات مختلفة)

يستعمل التجار وقطاع الخشب والحداد وجم غفير من ارباب الفسائخ المناشير المنتظمة ذات الواجهة الاربعة وقد تكون شواحي البيوت الا فرنجية وعوارضها وسائر اشباب السقوف مناشير من هذا الجنس وكانت في قديم الزمان مناشير مربعة القاعدة لأنهم منذ عرفوا تقويم قوت الاخشاب حق المعرفة عرفوا فائدة استعمال المناشير الدقيقة الرفيعة في صورة ما اذا كانت هذه المناشير ثقيلة قليلا واستعمال المناشير العريضة في صورة ما اذا كانت ثقيلة كثيرا

وقد تكون الاعمدة المربعة والجمالات المربعة اشكالا متوازية المستطيلات

(بيان المناشير البلورية)

يشاهد غالباً فيما اوجده الله تعالى في التبلرات الطبيعية من الاشكال الهندسية المتنوعة المضبوطة مناشير مثلثية ومربعية ومستديسة ومخمنية وغير ذلك واعلم ان معرفة هذه الاشكال البلورية من اعظم العمليات الهندسية حيث نشأ عنها معارف نفيسة تهلّق بالجواهر التي يتركب منها هذا البلور وبالجملّة فاذا قسمنا هذه التبلورات قسمه مضبوطة على حسب اوجه التمام اشكالها الاصلية فأتينا نعرف بواسطة الهندسة جميع تنوعاتها ونبين متانة الاشكال الطبيعية حتى الاختلافات العظيمة في الظاهر ولنبين الان الطرق المستعملة في قطع المنشور القائم في جسم اى شكل كان فنقول

ادامدنا بقرب الجسم الذي يراد قطعه الى منشور وتراموازيا للاتجاه الذي
يفتق جعله للاضلاع مع فرض ان ذلك الاتجاه افق لاجل السهولة فالتنا
نضع على هذا الوتر احد ضلعي المسطرة الثلثية الموضوعة وضعا اقويا ثم نعين
على هذا الجسم بواسطة الشاقول الذي نوجهه على امتداد الضلع الاخر من
المسطرة المذكورة عدة نقط تكون فيما بعد لقاعدة المنشور المراد رسمه وبعد
تمام ذلك تقطع بالقاس او بالمشارا وبأى آلة كانت الجسم على حسب المستوى
المنتصب الذي يمر بالنقط المعينة ثم نرسم على هذا المستوى كثير الاضلاع
المتألف من القاعدة وثقب من مبدء كل رأس من رؤس كثير الاضلاع
المذكور ثقبوا في الجسم يكون عمقها من جميع جهاته عموديا على هذه القاعدة
وتكون هذه الثقوب اضلاعا للمنشور ثم نصلح من كل ضلع الى آخر الجسم على
حسب القواعد المذكورة في الدرس السادس ولاجل صحة العملية يلزم
ان تثبت من مبدء الامر ان الاضلاع تكون عمودية مع الاحكام والاتقان
على مستوى القاعدة وعلى اضلاع هذه القاعدة التي تتلاقى مع كل ضلع
ولاجل مزيد التحقيق ننظر هل جميع الاضلاع تبقى على بعد واحد في سائر
الجهات ام لا وهذا امر ضروري لا بد منه وانها تكون موجودة مثنى مثنى
في مستوا واحد وهذا يدرك بمجرد النظر متى لوحظ ان اى ضلع من الاضلاع
يمكن ان يمتد عن الناظر جميع نقط الضلع التالي او المتقدم عليه مباشرة
فاذن لا يبقى علينا الا عمل القاعدة الثانية فلنرسم بواسطة مسطرة مثلية
بان نمد على اوجه المنشور عدة اعمدة على الاضلاع بشرط ان يكون الاخير من
هذه الاعمدة يعود مع غاية الدقة والضبط الى النقطة التي ابتدى منها برسم
العمود الاول وهذه هي القاعدة المستعملة عند تجارى البيوت ومهندسي
السن

واذا قطعنا الوجه الاول من المنشور وارادنا عمل الالوجه المتلاصقة فالتنا
نستعمل المسطرة الثلثية العميقة او الفاسدة في مسح الزوايا المتألقة من هذه
الالوجه وحدها ومع القواعد وثقب من مسافة الى اخرى على الوجه الذي

يراد عمله ثقباً دقيقة بحيث يكون احد ضلعي المسطرة الثلثية داخلاً في ماع الضبط والصلع الاخر واقعاً على الوجه المصنوع قبل ذلك فاذا كان كل من ضلعي المسطرة الثلثية متجهاً اتجاهاً عمودياً على الضلع الذي يفصل الوجه المصنوع من الوجه الذي يراد عمله فان عمق الثقب يكون واقعاً مع الاتقان على هذا الوجه الاخير

وبعد ان تجهز من مسافة الى اخرى الخطوط المؤشرة لا يبقى علينا الا رفع المادة واصلاحها بين هذه الخطوط لاجل عمل الوجه الجديد

وقد يرسم بالنظر لعلم الهندسة بواسطة الخطوط التي لا تدل على اختلاف ما بامتدادها ووضعها الاشكال المحدية والمجوفة القابلة للتعشق في بعضها مع الدقة والضبط الا انه عند العملية يكون الاختلاف بين نوعي الاشكال المحدية والمجوفة عظيماً جداً

وقد يظهر لنا من صناعة المناشير شاهد على ذلك وقد بينا آنفاً الطرق التي بها يمكن عمل المنشور المجوف بواسطة البيكار والمسطرة العادية والمسطرة الثلثية وسائر الآلات الحادة فاذا كان المراد عمل منشور مربع وكان ذلك المنشور متوازي المستطيلات مثلاً كاعلم اغلب العلب المستعملة في المعامل الصغيرة والمعدة لنقل الاشياء بدأنا بجمع سمك الألواح مستحسنين وبعد ان تفصل هذه الألواح بالمسطرة الثلثية في العرض والطول المطلوبين تكون مناشير محدبة وتكون بمنزلة الأوجه للمنشور المجوف المراد عمله ويكون اثنان منها متقابلين على حسب طول العلبة وعرضها واثنان على حسب طولها وارتفاعها واثنان آخران على حسب ارتفاعها وعرضها ثم نضعها بجوار بعضها بان نضعها اما بواسطة المسامير او بالفرغوا اما الجهة التي يراد قتلها بكي لون او قتل فانها توصل بواسطة مشبك كالرزة مثلاً فاذا كانت الألواح مفصلة مع الضبط حدث بالضرورة عن اتصالها ببعضها شكل متوازي السطوح وانما ينبغي التنبيه على ان الواح الأوجه تكون بالنظر لسمكها منضجة في زاوية مقدارها ٤٥ مخرقة في خطي \overline{AA} و \overline{BB} وهلم جرا راجع

(شكل ٣) اومستوية كما في شكل ٤

واذا كانت العلبة متسعة جدا بحيث لا يكفي ان يكون عرض اللوح وجهها من اوجهها فائتاضم اليه عدة ألواح متلاصقة واذا لم يكن المطلوب شغلا محتاجا لالتقان فائتاضع عوارض حيث ما اتفق ونضعها بواسطة المسامير التي تكون في العلبة من جهة واحدة كالصناديق العادية المعدة لحفظ المهجمات والبضائع التي تنقل بواسطة العربات المعدة للنقل

فاذا كان المطلوب اجرا شغل مهم فائتاضم الألواح الى بعضها بان تقطع اولها على ساحة احداهما الذي هو **ب د ح ح** (شكل ٥) لسانا مجوفا وتقطع ثانيها على ساحة اللوح المنصل الذي هو **ب د ن م** حرز متحد الصورة لكي يدخل فيه اللسان مع غاية الضبط والاحكام وليس اللسان في الحقيقة (شكل ٥) الامنشور احمدا قائم الزوايا وليس الحز ايضا الامنشور احمدا قائم الزوايا وبناء على ذلك يمكن عمل كل منهما بواسطة القارة كما سنبين لك ذلك

وكذلك العاشق والمعشوق (شكل ٦) فانما منشوران قائما الزوايا احدهما محدد والثاني مجوف وحيث كانا مضاهايين في ذلك للجزوز والالسنه كانا مفصلين على وجه ينضمان به الى بعضهما مع غاية الدقة والضبط فاذا اقتضى الحال ضم منشورين الى بعضهما بواسطة المسطرة المثلثية فائتاضم عمل كلاهما الى العاشق والمعشوق ويمكن تفصيل العاشق بواسطة المشار بخلاف المعشوق فلا يمكن تفصيله الا بالمقراض وزيادة على ذلك يلزم له هذا الاخير مدة طويلة من الزمن وهذا مثال يدل على الصعوبة التي يكابدها الشغال في عمل المنشور المحدب والمجوف

وقديظهم رلنا من فن النجارة وفن قطع الاخشاب زيادة على ما ذكرناه ايضا من الاشكال الاخرى ايات بديعة موهجة تتعلق بالاشكال المنتهية بالمستويات ومنها ما هو مجوف ومنها ما هو محدد وهي متعشقة ببعضها تعشقا جيدا

ويحتاج قطاعوا الاخشاب في الغالب الى عمل المناشير اورسمها بواسطة قطع
خشب تتركب منها اضلاع المناشير كما في تركيب السقوف مثلا يظهر لنا
من شكل ٧ تخشيبية السقف الذي يكون على صورة منشور مثلثي يزد في
الارتفاع على منشور مربعي اي بيت قائم الزوايا متخذ من الخشب ولا جل عمل
هذا البيت ينبغي القطاع الخشب ان يحل كثير من المسائل الهندسية السهلة
بموجب القواعد المقررة في هذه الدروس وينبغي له ايضا معرفة مساحة كل
قطعة من التخشيبية وتحصيل طولها وشكلها الحقيقي مع زواياها
المرتفعة المنقولة على قطع الخشب التي فصلها على حسب الصورة المستحسنة
وغير ذلك

وبناء على ذلك ينبغي لقطاع اخشاب البيوت معرفة سائر اصول الهندسة
التي ذكرناها آنفا ليتيسر له العمل عليها مع الضبط بدون توقف في الاحوال
العارضة التي يكون عمل الجاهل فيها بالصدفة والاتفاق فيكون فاسدا
في الغالب

وقد يتوقع علم الهندسة ايضا مهندس السفن حيث يلزمه احداث اشكال
تحتاج الى الغزارة في العلم ويكون حسنهما منوطا بصحة العملية بواسطة العلوم
الهندسية

وهناك شكل اسهل من المنشور في الظاهر لان اوجهه اقل من اوجه المنشور
المذكور لانه اصعب منه في الحقيقة حيث ان اوجهه غير متوازية وهذا
الشكل هو الشكل الهرمي

ويتركب الهرم كما في شكل ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ و ٢٠
من اوجه مستوية مثلثة تكون رأسها في نقطة واحدة ويتألف منها مع
قاعدتها شكل كثير الاضلاع المستوي وهذا الشكل هو قاعدة الهرم
وكذلك الرأس المشتركة بين تلك الواجهة المثلثة تكون رأس الهرم
وتكون قاعدة الهرم التماثل شكل كثير الاضلاع التماثل وتكون رأسه
موضوعة في مستوى التماثل

وقاعدة الهرم المنتظم هي كثير الاضلاع المنتظم وزيادة على ذلك يلزم ان تكون رأس الهرم ومركز القاعدة على مستقيم عمودي على مستوى هذه القاعدة فاذا فرض ان القاعدة اقصية لزم ان تكون رأس الهرم قائمة على مركز القاعدة ويكون الشاقول الموضوع بهذا الوجه دالا على محور الهرم المنتظم

وقاعدة الهرم الثلاثي الذي هو و ا ب ث (شكل ١٢) هي مثلث

ا ب ث وقاعدة هرم ا ب ث د ه الرباعي (شكل ١١) هي

مربع ب ث د ه واهلجرا

وكذلك تكون سقف القلاع والابراج سواء كانت مثلثية او مربعة اهراما قاعدتها المثلث او المربع المتألف من رفرق البرج او الدور (شكل ١٠ و ٩) وكذلك تكون البرابي والمسلات اهراما منتظمة كالانار العمومية وهي في العادة اهرام مربعة ولنشرع الآن في كيفية حل مسألة من محجرت تكون اقصية اعنى ملقاة على الارض ويكون محورها اقصيا ايضا وقاعدتها منتصبة قائمة فنقول

نقطع في الضراو في حجر الصوان مستويا منتصبا ونرسم عليه مربع

ب ث د ه (شكل ١١) المستعمل قاعدة للمسئلة ثم نبدا بقطع

الوجه الاعلا وهو ا ث د ووجهي ا ث ب و ا د ه المتصلين

بعضهما و نلاحظ اولا مع غاية الضبط ان الزوايا المتألفة من اوجه ا ث د

و ا ث ب و ا د ه ومن مستوى القاعدة تكون مساوية بالكلية

لزوايا المسئلة المرسومة وتكون هذه العملية مضبوطة اذا ثبت ان رأس

ا تكون على مستقيم ا و العمودي على مستوى القاعدة المار بمركزها

وهو و واذا جعلنا و م على مستوى القاعدة ثم جعلنا ان

موازيا ومساويا لخط و م المذكور فانه بواسطة تلك الكيفية يرى

في اتجاهين مختلفين ان مستقيم ن م الذي يلزم موازاة لخط ا و يكون

عمودا على آن و وم فعلى ذلك يكون محور و أ عمودا على المستقيمين
المرسومين من نقطة و على مستوى القاعدة ويكون هذا المحور عموديا
ايضا على ذلك المستوى فاذا كانت سائر الشروط متوفرة وكان الخط الناشئ
عنها ينافي لابق علينا الاعل وجه أ ب ه الاسفل الذي يكون مستويه
محدودا بضلع أ ب و ه

فاذا اريد عمل هرم مثلث على اى صورة ه كانت فى كتلة من الحجر
او الخشب مع فرض معرفة صورة القاعدة والزوايا المتألفة من مستوى هذه
القاعدة ومن الواجه الثلاثة الاخر فائسا نرسم ونقطع الوجه المستوى
على حسب القواعد المقررة فى الدرس السادس ثم نرسم بواسطة المسطرة
المثلثية التى يكون ضلعها امتحمين اتجاهها عموديا على ضلعى

القاعدة الواجه الثلاثة المستوية وهى أ ب و و ب ث و
و أ ث و (شكل ١٢) التى يكون منها مع اقاعدة الزوايا المقررة
وهذه الواجه الثلاثة هى الوجه شكل الهرم

وفى الغالب يكون وضع الرأس معينا (شكل ١٢) بنقطة م التى
يقع فيها عمود وم على القاعدة وعلى ارتفاع وم وفى هذه الصورة
نرسم القاعدة ونجعلها مستوية ثم نقيس بالشاقول ارتفاع ش

و ح ز المساويين لخط وم فاذا كانت نقطتا ح و ز
مساويتين لمستوى القاعدة فائسا نرسم ور = م ح و و ح
= م ن فتكون نقطة و التى يتلاقى فيها خطا ور و و ح
الاثنيان رأس الهرم ومضى كانت الرأس معلومة فائسا نصغرا ولا نجم كتلة
الخشب والجريان لمحدث فيها حوزا على هيئة خط مستقيم بموجب خطوط
و أ و ب و و ث ثم نسطح تلك الكتلة بين هذه الخطوط
المستقيمة

ويسهل علينا فى بعض الصور بواسطة الرسم الهندسى ان نبدأ بأخذ مساحة
زوايا الواجه الثلاثة التى على القاعدة ثم نرسم هذه الواجه من غير ان يحصل

مشقة في وضع الرأس

ولذا يكفي ان نمد (شكل ١٣) من نقطة M التي هي موقع عود OM النازل من الرأس على القاعدة MD و ME و MF العمودية على خطوط AB و BC و CA على وجه التناظر ثم نرسم في جهة اخرى مثلثات OMD و OME و OMF القائمة الزوايا فتكون زوايا ODM و OEM و OFM زوايا الاوجه الثلاثة من الهرم والقاعدة

ويظهر لنا من القواعد التي لابد منها في رسم المثلث الشروط الضرورية في تساوي المثلثين وكذلك تساوي الهرمين فيكون كل هرمين مثلثيين متساويين بقيود اربعة الاول ان تكون الاوجه الثلاثة من احدهما مساوية للوجه الثلاثة من الآخر الثاني ان يكون الوجهان والزاوية المستوية المحصورة بينهما من كل من الهرمين المذكورين متساوية الثالث ان يكون الوجه والزوايا الثلاثة المستوية التي ينسب اليها هذا الوجه متساوية في كل منهما ايضا الرابع ان تكون الاضلاع الستة متساوية في كل منهما ايضا وهم جرا

وللتدريب على عمل الاهرام ورسمها وحسابها فائدة عظيمة في العمليات التخطيطية التي لا تكون فيها النقط المراد تعييدها وضعها في مستوا واحد على ذلك ننقل وضع كل نقطة رصدناها الى وضع النقط الثلاثة الاخر التي يتكون منها المثلث المجهول فاعادة ونقيس بواسطة الآلات التي هي الغرافومتر ودائرة التكرار والتبديد الزاوية التي يصنعها الشعاع النظري الممتد من رأس كل مثلث مجهول قاعدة الى الشيء المرصود اما بواسطة ضلع القاعدة او بواسطة مستوي بافاذا انضمت الاشعة الثلاثة النظرية الى ثلاثة اضلاع القاعدة فانه يتألف منها الهرم الذي تكون رأسه النقطة المرصودة وهذه العمليات الصعبة مقصورة على الصنائع العلمية كصناعة مهندسي

الأدورغرافيا والجغرافيا وصنائع المساحين المنوطين بالعمليات الجسدية
كالعمليات التي تتعلق بحساب البلاد وبيع ما يخصها

وإذا كان أي جسم منتهيا من جميع جهاته بأوجه مستوية فإن هذه الأوجه
تكون منتهية أيضا بخظوط مستقيمة يتكون منها مضلعات مستوية ومن
المعلوم أنه يمكن تحليل هذه الأشكال كثيرة الاضلاع الى مثلثات فعلى هذا

إذا جعلنا نقطة و في داخل جسم **أ ب ث** الخ (شكل ٢١)
كانت على حسب ما نرومه فيمكن أن نعتبرها أولا كراس عدة أهرام مضلعة
يقدر ما يوجد من الأشكال كثيرة الاضلاع المعتبرة بأوجه هذا الجسم وثانيا
نعتبرها كراس عدة أهرام مثلثية يقدر ما يمكن رسمه من المثلثات على هذه
الأوجه وفي هاتين الصورتين يحدث عن مجموع هذه الأهرام الجسم بتمامه
(بيان مساحة الاجسام المنتهية بأوجه مستوية) *

حيث ان المربع قد جعل قياسا للسطوح لزم جعل المكعب الذي هو جسم
منته من جميع جهاته بالربعات قياسا للججوم
وتكعيب الجسم هو معرفة عدة مرات احتواء ذلك الجسم على المكعب
المأخوذ وحدة ولنبدا ببيان الكيفية التي يقاس بها حجم المكعب الاكبر بواسطة
المكعب الاصغر فنقول

لنفرض مثلا ان ضلع المكعب الاكبر هو **ث** (شكل ١٤)
يكون محتويا عشر مرات على ضلع المكعب الاصغر وهو
ث فنقسم المكعب الاكبر الى عشر قطوع موازية لاحد اوجهه ومتحدة
في السمك ويكون هذا السمك ممكلا للمكعب الاصغر وتكون قواعد هذه
القطوع محتوية عشر مرات مضروبة في مثلها على احد اوجه المكعب
الاصغر وكل قطع منها يحتوي على المكعبات الصغيرة عشر مرات مضروبة
في مثلها فاذن يكون مجموع القطوع العشرة محتويا على المكعبات الصغيرة
عشر مرات مضروبة في ضعفها ويشار الى هذا الضرب بهذا الرقم ^{١٠}
واذا صنعنا على هذا المتوال وعرفنا ان $2 \times 2 \times 2 = 8$ و ٣

$3 \times 3 = 27$ وهم جراحنا ان اضلاع المكعب الاكبر اذا كانت
تحتوى على ضلع المكعب الاصغر بقدر عدد من هذه الارقام وهى ١ و ٢
و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ و ٨ و ٩ و ١٠ فانه يوجد في المكعب
الاكبر من المكعبات الصغيرة ١ و ٨ و ٢٧ و ٦٤ و ١٢٥ و ٢١٦ و ٣٤٣ و ٥١٢ و ٧٢٩ و ١٠٠٠ ولاجل الاختصار في ذلك نقول ان
٨ هي مكعب ٢ و ٢٧ مكعب ٣ و ٦٤ مكعب ٤
وهم جراح معنا عدد المكعبات الصغيرة المحتوى عليها المكعب الاكبر الذى
يكون ضلعه مساويا لضلع المكعب الاصغر ٢ و ٣ و ٤ من المرات
وحجم المنشور المربع يساوى حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه
فلنفرض اولا المنشور المستطيل كما في (شكل ١٥) فنقسمه بالنظر
لقاعدته الى عدة قطوع بقدر ما يحتوى ارتفاعه من المرات على وحدة
القياس اى ضلع المكعب الاصغر المأخوذ وحدة لذلك ويوجد مكعبات صغيرة
في القطع بقدر مرات احتواء قاعدة ذلك القطع على قاعدة المكعب الاصغر
فعلى ذلك يكون عدد المكعبات الصغيرة الكلى مساويا للعدد الدال على سطح
القاعدة المضروب في العدد الدال على الارتفاع وهذا هو السمى بحاصل ضرب
القاعدة في الارتفاع

وكل منشورين قاعدتهما المستطيلة واحدة وارتفاعهما واحد كان
احدهما هو أ ع قائما (شكل ١٦) والاخر هو أ غ مائلا
فان حجمهما يكون واحدا

ولاجل البرهنة على ذلك نلاحظ ان منشوري أ ب ه ف ه د
و د ش ع ش غ الثلاثين متساويان لان ارتفاعهما وهو
أ ب واحد وقاعدتهما ه ا و د ش ثلاثة مثلثان متساويان
لان ه ا = د ش ولان الضلعين الاخرين متوازيان على التناظر
فاذا اضفنا الى متوازي السطوح وهو أ ب ث د ه ف ع س
منشور د ش ع ش غ المثلث وطر حنا مساويه وهو

أب ه ف ه تحصل معنا منشور أب ث د ه ف غ ش
 الربيعي المائل فاذن يكون هذا الأخير متحد الحجم مع المنشور المستطيل الذي
 تكون قاعدته واحدة وارتفاعه واحدا

ولئين مع السهولة ان حجم منشوري أب ث د ه ف غ ش
 و ا ر ث د ه ف غ ش (شكل ١٥) متحد مع حجم أي
 منشوري يكون ارتفاعه واحدا وقاعدته شكلين متوازيي الاضلاع
 مسطحهما مساو لمسطح قاعدة أب ث د المستطيلة
 وحجم المنشور القائم المثلثي يساوي حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه

وذلك لانه يمكن تقسيم كل منشور مربعي مثل أب ث د ه ف غ ش
 (شكل ١٧) الى منشورين مثلثين متساويين في الحجم وهذا التساوي
 يحصل ايضا اذا جعلنا اضلاع متوازي السطوح مائله بدون ان تتغير قاعدته
 وارتفاعه الا ان سطح قاعدة المنشورين المثلثين الذي هو أب ث
 او ا د ث يكون نصف سطح أب ث د الذي هو قاعدة متوازي
 السطوح فاذن يكون حجم المنشور المثلثي مساويا لحاصل ضرب قاعدته
 في ارتفاعه

وحجم كل منشور كثير الاضلاع مثل أب ث د ه و ا ر ث د ه
 (شكل ١٨) يساوي حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه
 وبرهان ذلك انه يمكن تقسيم هذا المنشور الى عدة مناشير مثلثية بقدر احتوائها
 قاعدته وهي أب ث د على مثلثات مثل أب ث و ا ث د الخ
 يكون ارتفاعها عين ارتفاع المنشور الكلي فيكون حجمها الكلي هو مجموع
 القواعد المثلثية التي هي أب ث و ا ث د و ا د ه مضروبا
 في الارتفاع

(بيان تكعيب شكل الاهرام)

ولنبعد بالهرم المثلثي فنقول

حجم الهرم المثلثي هو ثلث حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه

وبرهان ذلك اننا اذا اخذنا اي منشور مثلثي مثل ا ب (شكل ١٩)

وقطعناه بمستوى ا ب ه المار بخط ا ب الذي هو ضلع القاعدة

ونقطة و التي هي رأس الزاوية فتحصل معنا اولا هرم ا ب ه

المثلثي الذي تكون قاعدته وارتفاعه عين قاعدة المنشور وارتفاعه وبقى علينا

الهرم المربعي الذي قاعدته ا ب د ورأسه ه فنقسمه بمستوى

ا ه ف الى هرمين مثلثيين فيتحصل معنا هرم ا د ه ف المقلوب الذي

قاعدته د ه ف ورأسه ا فعلى هذا تكون قاعدة هذا الهرم وارتفاعه

عين قاعدة المنشور وارتفاعه وبالجمله اذا قابلنا هرم ا ب ه وهو الثالث

بهرم ا د ه ف فانه يترآى لنا انه يساويه في الحجم لانا اذا جعلنا مثلث

ا د ف = ا ب ه بالنظر لقاعدتيهما كان رأس الهرمين وهو

ه واحدا فاذن يمكن اعتبار حجم كل منشور مثلثي مكافئا لحجم ثلاثة اهرام

ارتفاعها واحد وقاعدتها واحدة فعلى ذلك يكون حاصل ضرب قاعدة

كل هرم في ارتفاعه الذي هو حجم المنشور مساويا لثلاث مبررات لحجم هذا

الهرم

وحجم اي هرم كان (شكل ٢) يساوي ثلث حاصل ضرب القاعدة

في الارتفاع

وبرهان ذلك ان تقسم القاعدة الى مثلثات مثل ا ب ث و ا ب د

و ا د ه الخ يكون كل منها قاعدة لهرم مثلثي رأسه نقطة و ويكون

قياس كل من هذه الاهرام الثلثية سطح مثلثات ا ب ث و ا ب د

الخ مضروبا في ثلث ارتفاع و س المشترك فعلى ذلك يكون قياس

الهرم الكلي هو حاصل ضرب القاعدة الكلية في ثلث هذا الارتفاع

بيان تكعيب الجسم المنتهى من جميع جهاته بأوجه مستوية على حسب المطلوب (شكل ٢١)

إذا جعلنا في هذا الجسم أى نقطة مثل $و$ رأس الأهرام التى تكون قاعدتها أوجه الجسم المستوية فإن مسطح كل وجه مضروبانى ثلث بعده من رأس $و$ يكون حجم الهرم المقابل ويكون مجموع الحواصل حجم الجسم ولتسهيل هذه الطريقة ينبغي المكث فى داخل الجسم ذى الأوجه المستوية وقياس بعد كل وجه عن هذا المستوى مع الضبط وعدم التساهل والأفضى بناء ذلك الى الوقوع فى عمليات هندسية عويصة مشكلة لا تلائم سرعة عمليات الصناعة وسهولتها وهنالك طريقة أخرى تفضل الأولى فى السهولة والسرعة ولنبحث قبل ان تتصدى لذكر هذه الطريقة عن تقويم حجم المنشور

الناقص المثلثى مثل $ا ب ث د ه ف$ (شكل ٢٢) ثم تقسمه الى ثلاثة أهرام وتجعل قاعدة الأول $ا ب ث$ وارتفاعه $ب ه$ فعلى ذلك يكون حجمه قاعدة $ا ب ث$ مضروبة فى ثلث $ب ه$ والثانى الذى قاعدته $ا ث ف$ ورأسه فى $ه$ يكون مكافئاً للهرم الذى رأسه فى $ب$ وقاعدته $ا ث ف$ او الذى قاعدته $ا ب ث$ ورأسه فى $ف$ ويكون الهرم الثالث الذى هو $ا د ف ه$ مكافئاً للهرم $ا د ف ب$ المكافئ للهرم $ا ب ث د$ فاذن يكون منشور $ا ب ث د ف$ الناقص مكافئاً فى الحجم للأهرام الثلاثة التى قاعدتها المشتركة $ا ب ث$ ورواسها المتناظرة فى $د و ه و ف$ على نهاية الاضلاع الثلاثة

فاذا كانت تلك الاضلاع عودية على القاعدة كان حجم الأهرام الثلاثة والمنشور الناقص هو سطح $ا ب ث \times \frac{1}{3} (ا د + ب ه + ث ف)$

فاذا كان المطلوب حجم منشور من وده $ف$ الناقص (شكل ٢٣)

المحورين مستوي مرن و و دهف المائلين على اضلاع المنشور
فانما لاجل ذلك قمرض ان ابث يكون عموديا على هذه الاضلاع
فينصل معنا ما يأتي وهو

$$\text{حجم } \overline{\text{ابث د ه ف}} = \text{سطح } \overline{\text{ابث}} \times \frac{1}{4} (\text{اد} + \text{به} + \text{ث ف})$$

$$\text{وحجم } \overline{\text{ابث م ر ن و}} = \text{سطح } \overline{\text{ابث}} \times \frac{1}{4} (\text{ام} + \text{بن} + \text{ث و})$$

فاذن ينتج من ذلك

$$\text{حجم } \overline{\text{مرن و د ه ف}} = \text{سطح } \overline{\text{ابث}} \times \frac{1}{4} (\text{دم} + \text{هن} + \text{فو})$$

ويسهل علينا بواسطة هذه القواعد تحديد حجم الجسم المنتهى باوجه مستوية
بان تقسم هذا الجسم الى مناشير كاملة ومناشير ناقصة مثلثية يسهل معرفة
حجمها على الفور فيكون مجموع هذه المجموع هو نفس حجم الجسم

ويمكن ان نبرهن مع السهولة على ان حجم كل منشور تام او ناقص مربعي مثل

ابث د ه ف ع ش (شكل ٢٤) اضلاعه عمودية على

قاعدة ابث د هو سطح هذه القاعدة مضروبا في ربع مجموع

الاضلاع الاربعة التي هي اه و بف و شع

و دش

ويبان ذلك اتنا اذا قمنا بالتوالي المنشور المربعي الى منشورين مثلثيين

كمنشوري ابث ه ف ع و ادث ه ش ع ثم الى منشوري

أبده فش و ب شاد ف ع ش تحصل معناجم

المنشورين الاولين $= \frac{1}{4}$ سطح أب شاد $\times \frac{1}{4}$ (أه)

+ ب ف + ش ع + أه + د ش + ش ع

وجم المنشورين الآخرين $= \frac{1}{4}$ سطح أب شاد $\times \frac{1}{4}$ (أه)

+ ب ف + د ش + ب ف + ش ع

+ (د ش)

فاذا اخذنا مجموع هذين الحاصلين تحصل معناجم المنشور الربيعي مرتين

$= \frac{1}{4}$ سطح أب شاد $\times \frac{1}{4}$ (أه ٣ + ب ف

+ ش ع + د ش) فاذن يكون حجم المنشور الربيعي

في حد ذاته $\frac{1}{4}$ سطح أب شاد (أه + ب ف + ش ع

+ (د ش)

(اجراء العملية في تكعيب قارين السفن)

قد تقدم لنا في الدرس الثاني انه يمكن تقسيم القارين الى قطوع افقية بواسطة

المستويات الافقية من خطوط الماء التي تكون على بعد واحد من بعضها

ويمكن تقسيمه ايضا الى قطوع منتصبة بواسطة مستويات اخر تكون على

بعد واحد من بعضها ايضا وتسمى مستويات الازدواج وتقطع هذه

المستويات حجم القارين الى مناشير مستطيلة متساوية القاعدة وناقصة من

كل جانب ويتحصل الحجم الكلي لهذه المناشير الناقصة بضرب قاعدتها

المشتركة في ربع اربعة اضلاع كل منشور الان كلامن هذه الاضلاع

الاربعة يستعمل في اربعة مناشير (ماعد ا اضلاع الجوانب فانها لا تستعمل

الافى منشورين فقط ولذلك لا يمكن اخذ كل منها الانصف مرة وهناك اربعة

اضلاع لا تستعمل الا في منشور واحد فلا يؤخذ منها الا الربع ليضاف الى مجموع

الاضلاع المستعملة في اربعة مناشير) فاذن يكون الجسم الكلي للقارب مساويا لسطح احد المستطيلات اعنى حاصل ضرب بعد مستويات خط الماء في بعد مستويات الازدواج وفي مجرد مجموع سائر هذه الاضلاع التي تكون اقصية وموضوعة معا على كل مستوي من مستويات الازدواج وعلى خط الماء ونستعمل هذه العملية التقريبية السهلة الوجيزة في معرفة حجم اى جسم كان وكل جسمين متماثلين يكونان متساويين في الحجم

وبيان ذلك اننا اذا صمنا هذين الجسمين الى مناشير ناقصة مثلثية اضلاعها الخطوط المتوازية التي تحدّد التماثل في كل منشور ناقص مثل

من ودهف (شكل ٢٣) موضوع من جهة مستوى التماثل الذي

هو ابث تحصل معنا من الجهة الاخرى منشور م ج ودهف

الناقص بشرط ان $دم = م و$ و $هن = ه و$ و $فو = ف و$ فيكون المنشوران الناقصان متساويين في الحجم فاذن يكون مجموع سائر هذه المناشير الناقصة بالنظر للجسم الاول مساويا لمجموع سائر المناشير الناقصة المتقابلة بالنظر للجسم الثاني فعلى هذا اذا كان الجسمان ذوا الواجه المستوية متماثلين كان حجماهما دائما متساويين وحيث كانت هذه الخاصة صحيحة ايا ما كان عدد الواجه فانها تكون ايضا صحيحة اذا كان هناك عدة اوجه صغيرة ~~ي~~ يمكن بواسطتها اعتبار الاجسام منتهية بسطوح منحنية لا باوجه مستوية

وبناء على ذلك يكون كل مستوى تماثل اى جسم قاسما لهذا الجسم الى قسمين متساويين في الحجم

(بيان الجسمان المتشابهة) *

يكون هرما ابثد و ارثد (شكل ٢٥) متشابهين

اذا كانت اضلاعهما المتقابلة وهى اب و ار و بث و رث

و ش د و ش و ا د و ا د متوازية

وذلك لان من المعلوم ان المثلثات المتألفة من اوجه الهرمين المتقابلة تكون متشابهة اذا كانت اضلاعها متوازية فاذن تكون الزوايا الثلاث المستوية التي يتكون منها رأس كل من الهرمين متساوية كل لنظيرتها وازيادة على ذلك تكون الاضلاع الثلاثة التي يتألف منها كل زاوية مجسمة متوازية اذا طبقنا هرم ا ر ش على الهرم الاخر م ع التوازي بحيث تكون نقطة ا واقعة على ا ر و ا على ا ب و ا على ا ث

و ا د على ا د فاذن تكون مستويات ا ر و ا ب و ا د و ا ب د و ا ش د و ا ث د منطبقة على بعضها وبناء عليه تكون زاويتا ا ر ا و ا ا المحسمتين من الهرمين متساويتين وبذلك يبرهن على ان زوايا ب و ر و ث و ش و د و د تكون متساوية وحيث تسمى تحقق هذا الشرط وهو كون اضلاع الهرمين المتقابلة متوازية كانت جميع الشروط المعتبرة في تشابه الشكلين متحققة ايضا فاذا كانت اوجه الهرمين المتشابهين متناسبة بدون توازي اضلاعها فانهما يكونان متشابهين

وبيان ذلك انه اذا كانت الاضلاع الثلاثة من كل من اوجههما المتقابلة متناسبة فان هذه الواجهة تكون متشابهة وتكون الزوايا المستوية متساوية فاذن تكون الزوايا المجسمة المتألفة من الواجهة ثلاثا متساوية ايضا وتكون جميع شروط التناسب موفى بها

وكل مجسمين منتهيين باوجه مستوية يكونان متشابهين اذا كانت اضلاعهما المتقابلة متناسبة وكانت زواياهما المتقابلة متساوية سواء كانت مستوية او مجسمة

وبرهان ذلك انه يمكن تقسيم هذين المجسمين الى اهرام اضلاعها متناسبة

وزواياها المتقابلة متساوية

وجماهرى $\overline{ا ب ث د ه الخ}$ و $\overline{ا ر ش ه}$ المتشابهين
(شكل ٢٦) يكونان مناسبين لمكعبات الاضلاع المتقابلة ويبان ذلك
ان حجم كل هرم يساوى حاصل ضرب قاعدته في ثلث ارتفاعه فعلى ذلك
اذا كانت قواعد $\overline{ا ب ث د ه ف}$ و $\overline{ا ر ش ه}$ الخ اشكالا
متشابهة فانها تكون مناسبة للمربع المرسوم على احد اضلاعها فيحصل
حيثئذ (شكل ٢٦) هذه النسبة وهى

سطح $\overline{ا ب ث د ه ف}$: $\overline{ا ر ش ه}$:: $\overline{ا ب ث م ن}$

: $\overline{ا ر ش م ه}$ فاذا رسمنا حيثئذ على $\overline{ا ب ث م ن}$ و $\overline{ا ر ش م ه}$
المجولين قاعدتين مكعبا فانه يحصل معنا حجما المكعبين وهما

$\overline{ا ب ث}^3 = \overline{ا ب ث} \times \overline{ا ب ث} \times \overline{ا ب ث}$ و $\overline{ا ر ش}^3 = \overline{ا ر ش} \times \overline{ا ر ش} \times \overline{ا ر ش}$

$\times \overline{ا ر ش}$ اكن نسبة $\overline{ا ب ث}$: $\overline{ا ر ش}$:: $\frac{1}{4}$ اش
: $\frac{1}{4}$ اش

فاذن تكون نسبة $\overline{ا ب ث}^3$: $\overline{ا ر ش}^3$:: $\overline{ا ب ث}$: $\overline{ا ر ش}$ $\times \frac{1}{8}$ اش
: $\overline{ا ر ش} \times \frac{1}{4}$ اش

ففى التناسب الاخير يكون الحدان الاخيران دالين على حجم الهرمين والحدان
الاولان دالين على حجم المكعبين

ونسبة حجوم المجسمات المتشابهة المنتهية باوجه مستوية على حسب المطلوب
كنسبة مكعبات الخطوط المتقابلة

ويبان ذلك انه يمكن تقسيم تلك المجسمات الى اهرام متشابهة متحدة العدد نسبة

اضلاعها المتقابلة واحدة وهى $\overline{ا}$ الان الهرمين اللذين تكون نسبة

اضلاعهما المتقابلة الى بعضها كنسبة $\overline{ا}$ الى $\overline{ا}$ تكون نسبة حجمهما

الى بعضها كنسبة α الى مكعب β فاذا ضممنا من جهة الازهار
الصغيرة الى بعضها وضمنا من جهة اخرى سائر الازهار التي تزيد عنها في الحجم
بقدر γ اعني ثلاث مرات فان نسبة الاجزء الى بعضها تكون
:: α الى γ

ويتبين ان نوضح هذا الدرس للتلامذة بان نبين لهم المنشأ والازهار المحوقة
المتساوية والمنشأة والمثابطة الخ ونوضح لهم ايضا الدروس اللاحقة
بان نبين لهم الاسطوانات والمخاريط والاكر المحوقة مع التقطوع المحكمة
العمل

(الدرس الثامن)

(في بيان الاسطوانات)

اذا تحرك خط مستقيم على امتداد خط منحني مثل $\alpha \beta \gamma \delta$ الخ
(شكل ١ و ٢ و ٣) وكان دائما موازيا لاتجاه معلوم فانه يتولد منه
اسطوانة ومن ثم يطلق عليه مولد الاسطوانة وكل مستقيم مثل $\alpha \alpha'$
و $\beta \beta'$ و $\gamma \gamma'$ و $\delta \delta'$ الخ يدل على وضع الخط المولد لها فانه يكون احد
اضلاع تلك الاسطوانة

وهناك عدة انواع مختلفة من الاسطوانات بقدر ما يوجد من انواع المنحنيات
مثل $\alpha \beta \gamma \delta$ الخ التي نستعمل في استقامة حركة خط التولد ويمكن
ايضا ان نصنع بواسطة منحنى $\alpha \beta \gamma \delta$ (شكل ١ و ٢) عدة
اسطوانات مختلفة على حسب ما في مستقيم $\alpha \alpha'$ و $\beta \beta'$ المولد لها من
الانحرافات المتنوعة

وحيث انه يترأى للمهندس ان المستقيم التام يمتد من طرفيه الى ما لا نهاية له لزم
ان تمتد الاسطوانة من طرفي اضلاعها الى ما لا نهاية حتى تكون تامة
ولكن للأسطوانة في الصناعة طول محدود دائما من طرفي اضلاعها فلذا كان
لكل اسطوانة عند الصانع نهايتان

فاذا كانت الاسطوانة منتهية من احد طرفيها بمسطح **ا ب ث** المستوى
سمي هذا المسطح قاعدة واذا كانت منتهية من الطرفين بمسطحات مستوية
متوازية كان لها قاعدتان وقد تكون هذه الاسطوانة قائمة (شكل ١)
او مائلة (شكل ٢) على حسب ما تكون عليه اضلاعهما من كونها
عمودية او مائلة على مستويي القاعدتين

وفي بعض الاحيان يكون احد المستويين اللذين يحددان الاسطوانة غير مواز
للآخر كما في (شكل ٨) حيث يرى فيه اسطوانة منتهية بمسطحي

ا ب ث د و م ن ح ح المستويين فنفرض نبدأ على ذلك ان
مستوى **م ن ح ح** هو الذي نشأ عنه نقصان الاسطوانة ذات

القاعدتين المتوازيتين اللتين هما **ا ب ث د و ا ر ث د** ويطلق
ناقص الاسطوانة او الاسطوانة الناقصة على كل من جرى

ا ب ث د م ن ح ح و ا ر ث د م ن ح ح

واذا كانت قاعدة الاسطوانة دائرة سميت الاسطوانة مستديرة وتسمى عند
الصناعية باسم الاسطوانة فقط لانها هي المستعملة دون غيرها في اغلب
فروع الصناعة

ثم ان خط **و و** المستقيم (شكل ٤) الممتد من مركز الدوائر المستعملة
قواعد للاسطوانة المستديرة هو محور الاسطوانة وهو المار بمركز جميع الدوائر
الحادثة من قطع الاسطوانة بمستويات موازية لمستوي القاعدتين

وعلى حسب خواص المتوازيات (التي تقدم ذكرها في الدرس الثاني) يكون
سطح الاسطوانة على حالة واحدة دائماً مع الضبط اذا كان منشاؤه اما حركة

خط مستقيم اخذ على التوالي اوضاع **ا ا و ب ر و ث ث**

و د د الخ المتوازية على امتداد **ا ب ث د** (شكل ٣)

قد تكون الطريقان اللتان يمكن بهما تركيب الاسطوانة من حيث هي مستعملتين في رسم سطوح الضوء الاسطوانية ~~صك~~ سطوح التشبيكات والتكعيبات فتستعمل لرسم الاضلاع خيوطا او تضامنا من حديد او اعمدة من خشب او حبال بسيطة ممتدة على خط مستقيم وقد تكون الطارات المأخوذة من مائة واحدة دالة على المنحنيات المتساوية الموازية لقاعدتي الاسطوانة اذا كان قدر هذه الطارات وانحنائها واحدا ثم نلحم او نلصق بواسطة السلوك المعدنية او غيرها الاضلاع والمنحنيات في كل نقطة تتقاطع هي فيها وبذلك يكمل رسم السطوح الاسطوانية ولذا تجعل الابراج واعدة التكعيبات والاقصه والتقف وغير ذلك على صورة شكل اسطوانى ويمكن رسم الاسطوانات المغلومة السمك بان نجمع عدة اسطوانات صغيرة بجوار بعضها ونلصقها في الخارج بواسطة طارات او سيور مستديرة وذلك كالزنايل المستعملة في الاشغال الحربية والحرب المضومة الى بعضها التى يكون القصد منها الزينة او المنفعة او غير ذلك

ومن القنون ما يكون الغرض الاصلى منه صناعة السطوح الاسطوانية بان نثنى السطوح المستوية المتوازية (راجع السطوح المنفردة في الدرس العاشر)

فلذا يأخذ صانع آلات الكيل الواطامصلة ومحمدة يكون سمكها رقيقا من جميع جهاتها حتى يمكن انشاؤها على حسب الصورة وابعاد المعايير المتنوعة كالهكتولتر والديكالتر والتر وهم جراوكان اسم المدي بطلق على المعيار القديم الاسطوانى المستعمل في صكيل الحبوب ويسمى صانعه في اصطلاحهم صانع المد

ويمكن للصانع ان يتحقق من الصورة الاسطوانية للامداد بان يجعل مقعرها مستويا مائلا يتعزز البراميل وفي الغالب يكون الطرف الاعلام من هذه الامداد محاطا بدار من الحديد لها قطر او قطر ان من الحديد ايضا وهذا هو منشاء عدم اختلال المعيار وعدم تغير متورته وهيئته

وفي الغالب يصنع الخحاس والسكري بواسطة صفائح زفيعة بخدأ من الخحاس
او الصفح الايخر افخم وذلك سطوحا استوائية اسهل صناعة من جميع
السطوح المفضية المطلوب عملها وذلك كاتاييب المداخن والميازيب وغيرهما
واذا علم كل من هذين العائنين فطر كل انبوبة وطولها بسمك عليه عادة
معرفة محيط هذه الانبوبة الذي يعرف به عند ضربه في الطول سطح صفائح
الخحاس والصفح وغيرها اللازمة للعنائين المذكورين

وينبغي لئلا نضيف اولا الى محيط الانبوبة عرضا يساوي الخحاس جزئ
كل صفحة يلزم الخحاسها لاجل تركيب الاسطوانة وثانيا نضيف الى كل
من اطوال الاناييب قدر ايساوي طول تعشق طرفها

وينبغي أن تكون قدور الآلات البخارية معدودة من جملة الاشغال المهمة
التي يصنعها الخحاس على صورة الشكل الاسطوانى الا ان قاعدة هذه القدور
تكون غير مستديرة (راجع شكل •) ويلزم لاجل جمع صفائح الخحاس
المنوعة التي يتركب منها القدر الكبير استعمال المسامير الاسطوانية او المبرشمة
التي تدخل في الصفائح مع الضبط والاحكام بحيث لا ينغذ منها ولا من الصفائح
الداخله فيما حزمه من البخار ويتوصل الى ذلك بواسطة اربعة مخارير او خمسة
تكون على بعد واحد من بعضها ومولفاتها قالب واحد يمكن صعوده وهبوطه
على التعاقب بواسطة آلة ميكانيكية قوية جدا وقد تكون الصفحة التي يصنع فيها
الثقوب الداخلة فيها المسامير المبرشمة موضوعة على بروز وهذا البرواز
لا يتحرك عند انخفاض القالب لتكون جميع المخارير ثابتة للصفحة على البعد
المطلوب واما عند ارتفاعه بعد عمل الثقوب الاسطوانية فتند الصفحة على
طول بحيث تكون المخارير عند انخفاضها ثانيا ثابتة للثقوب الاربعة
او الخمسة الآتية على البعد الموافق للثقوب المتقدمة

وليس استعمال هذه الطريقة مقصورا على مجرد تجهيز جمع الصفائح المعدنية
التي يتركب منها القدور الكبيرة البخارية بل تستعمل ايضا في جمع الصفائح
المستعملة في صناعة غطاء السفن الخارجى المتخذ من الحديد وصناديق الماء

النازلة في البحر المخترة عن قريب

ولتنبه في شأن هذه الصناديق المتخذة من الحديد التي يكون شكلها مكعبات
او منشائر مستطيلة ناقصة على ان اضلاع هذه المكعبات والمنشائر تكون حادة
ومتخذة من صفائح مستديرة على شكل ربع اسطوانة قائمة مستديرة
ايضا.

وبصنع كل من صانعي الرصاص والمزامير انابيب ذات شكل اسطواني ولاجل
عمل هذه الانابيب يمكن ان تنفي كما ينفي النحاس والسمكري وتسحب بواسطة
المسحبة.

(بيان صناعة الاسطوانات)

(بالمعد والسحب)

لذكرك هذا الطريقة المستعملة في ترسانة مدينة قطام لصناعة
اسطوانات مجوفة من الرصاص يكون سمكها وقطرها معلومين

وليكن **أ ب ث د** (شكل ٦) هي الاسطوانة المصبوبة التي يكون
قطرها هو القطر الداخلي للاسطوانة المجوفة المطلوب تحصيلها فنصب اولاً
حول الاسطوانة او حول قالب متعدد القطر اسطوانة من الرصاص اغلظ
واقصر من الاسطوانة المطلوب عملها وتدخل اسطوانة **أ ب ث د**
المصبوبة في الاسطوانة المجوفة ثم غمر بالانين في المسحبة التي نضيقها في جميع
المرات وبثأثير هذه المسحبة ترق الاسطوانة المجوفة وتنسبط اذا كان قطرها

الداخلي هو قطر اسطوانة **أ ب ث د** وتجعل لها بالتدريج سمكاً ملائماً
لها فيحصل من هذه الطريقة اسطوانات استقامتها محققة في كلتا

الحالتين اذا كانت اسطوانة **أ ب ث د** مصنوعة مع الضبط
وقد تكون السلوك المعدنية بحسب سمكها وغلظها وكذلك قضبان الحديد
المستديرة اسطوانات مصنوعة من تحويلها الى قطر مناسب بواسطة آلة المد
والبسطة وتدخل من وسط ثقب مستديرة يطلق عليها اسم المساحب وتضفر

هذه الثقوب المستديرة شيئاً فشيئاً لاجل جعل سمك القضيب او السلك بالتدريج في كل ممتر

(بيان صناعة الاسطوانات بالسبك والصب في القالب)

وهي صناعة انابيب الحديد المصبوب المستعملة في الممالك الافرنجية لاجل تسليك المياه والغاز والانابيب المستعملة لطلمبات المياه والهواء والبخار وغير ذلك

(بيان صناعة الاسطوانات بالثقب)

يكفي في عمل الانابيب صناعة الصب وذلك كالا انابيب المستعملة في جريان المياه التي لا يحتاج فيها الى اشكال محكمة الضبط بخلاف الانابيب المحتاجة للضبط الهندسي كانابيب الطلمبات وكذلك داخل المدفع والابوس والهون فانه ينبغي فيها غالباً اتباع الطرق الصعبة كعملية الثقب (راجع السطوح الدائرية في الدرس الثاني عشر)

(بيان صناعة الاسطوانات بالنشر)

يمكن عمل الاسطوانة بالنشر وهو على وجهين الاول ان نجعل الجسم المطلوب نشره ثابتاً ونقرب منه المنشار بالتوازي لاجزاء معلوم بشرط ان يكون تابعا لمنحن مرسوم قبل ذلك وهذا هو ما يفعله نشارو الطول الوجه الثاني ان نجعل المنشار صاعدا اوهابطا في اتجاهه الاصلى من غير ان يتقدم او يتأخر ونجعل للجسم المطلوب نشره حركة ماثلة مناسبة وبهذا الوجه تصنع السطوح الاسطوانية في دواليب النشر

(بيان صناعة الاسطوانة عند المعمارجية)

اذا اراد البنائون عمل سطح اسطوانى كقوسرة الباب والقبعة او عين قنطرة او غير ذلك فانهم يصنعون اولاً من الخشب سطحاً اسطوانياً مجوّفاً تجويفاً تاماً متخادعاً محيط القوسرة المطلوب صناعتها ويركبون من مسافة الى اخرى

شكلاً كثيراً الاضلاع مثل **ا ب ث د ه** (شكل ٧) يكون داخل محيط القوسرة المذكورة ويجعلون لهذا المضلع عدة من الاضلاع الكبيرة

ليحدث قطع دائرية سهلة الامتلاء بواسطة القوسرة بدون احتياج الى كثير من الاخشاب ثم يلاؤن هذه القطع بقطع من الخشب يضعون عليها اخشاباً قائمة متلاصقة تظهر من احد اطراف الشكل السابع فيحصل من اعلا هذه الاخشاب السطح الاسطوانى الذى يضع عليه البناءون ايجار القبة المعروفة عندهم باسم ايجار العقد

(بيان مساحة سطح الاسطوانات)

يمكن ان نعتبر سطح الاسطوانات كركب من اضلاع كثيرة يمكننا معرفتها عند رسمها بجوار بعضها على قدر الامكان وان نعتبر الاسطوانة كمنشور منته بعدة اوجه صغيرة ضيقة جداً

وحيثئذ يكون محيط قاعدتها مضلعاً يلتبس علينا بالمضلع المستعمل قاعدة للمنشور

فاذا كانت الاسطوانة قائمة فان سطحها (من غير اعتبار قاعدتيها) يكون مساوياً لمحيط احدى هاتين القاعدتين مضروباً فى ارتفاعها ويكون السطح الكلى للأسطوانة القائمة المستديرة وكذلك سطح القاعدتين مساوياً لمحيط احدى القاعدتين المذكورتين مضروباً فى امتداد الضلع زائداً طول نصف قطر احدى القاعدتين

ويمكن ان تقطع سطح الطول فى منشور $ا ب ث د$ الخ $ا ر ش$ الخ (شكل ٨) على حسب ضلع $ا ا$ وندير بالتوالى كل وجه صغير مثل

$ب ر ث$ و $ث ش د$ الخ لنضعه فى مستوى $ا ا ب$ فيحصل معنا شكل مستوياً لى من متوازيات $ا ا$ و $ب ب$

و $ث ث$ الخ (شكل ٩) ومن اضلاع $ا ب$ و $ب ب$

و $ث د$ و $د ه$ الخ و $ا ر$ و $ر ش$ و $ش و$ و $و ه$ العمودية على هذه المتوازيات وهذا هو الذى يستدعى ان يكون

أ ب ث د ه الخ و ا ر ث د ه الخ خطين مستقيمين متوازيين وعموديين على اضلاع $\overline{ا ا}$ و $\overline{ب ب}$ وهلم جرا ويطلق على المستطيل المتصل بهذا الوجه (شكل ٩) اسم افراد محيط المنشور فيكون سطح المنشور منفردا لان هذا الافراد يمكن استعماله بدون بسط لاجزاء سطوح

ا ب و ب ر ث الخ او تضيقها لتبقى متجاورة وتضنع سطحا مستويا مستمرا وسنذكر لك في شأن سطوح الافراد دروسا تخصها ومن جملة هذه السطوح الاسطوانة التي يمكن اعتبارها كمناسير اضلاعها لا تنحصر

وتضنع في الاسطوانة القائمة (شكل ٨) قطعين مائلين متوازيين مثل

م ن ح ح و م د ح ح ثم تقس السطح الاسطوانى المنحصر بين القطعين المذكورين فيظهر حيثئذ ان اجزاء اضلاع م م و ن د و ح ح و ح ح الخ اذا كانت خطوطا مستقيمة متوازية منحصرة بين مستويين متوازيين تكون متساوية فعلى ذلك اذا اعتبرنا الاسطوانة كشوره عدة اوجه صغيرة فان سطوح الاشكال المتوازية الاضلاع الدالة على كل وجه صغير تكون هكذا

$$\text{سطح م م د ن} = \overline{ا ب} \times \overline{م د}$$

$$\text{سطح ن د ح ح} = \overline{ب ث} \times \overline{ن د} = \overline{م م}$$

$$\text{سطح ح ح د ح} = \overline{ث د} \times \overline{ح د} = \overline{م م الخ}$$

فحيثئذ يكون سطح م ن ح ح و م د ح ح = ا ب ث د

\times م م اعنى انه يساوى محيط قاعدة ا ب ث د الخ مضروبا في طول احد اجزاء الاضلاع المحصورة بين المستويين المتوازيين

واذا اريد مساحة سطح الاسطوانة الناقصة وهى ا ب ث د الخ

و م ن ح ح الخ (شكل ٨) فانه ينبغي مد السطح الاسطوانى
بتعيين كل من اضلاع ا م و ب ث و ش ح الخ على حسب
طوله ونحدد على المذ (شكل ٩) سطح ا ب ث د الخ
و م ن ح ح الخ

فاذا فرضنا ان الاسطوانة منشورة عدة اوجه صغيرة متساوية وكان ا ب
= ب ث = ث د = د ح = ح م = م ن = ن ح = ح ا
فانها تكون الاسطوانة الناقصة وهي
ا ب ث د الخ و م ن ح ح الخ = ا ب (ا م
+ ب ن + ش ح + د ح الخ) بمعنى ان عرض احدى
الاجه الصغيرة مضروب في مجموع اضلاع هذه الاجه
* (بيان مساحة حجم الاسطوانات) *

اذا اعتبرت الاسطوانة كمنشور مركب من عدة اوجه صغيرة رأيت حجمها
يساوى سطح قاعدتها مضروبا في ارتفاعها
وحيث ان قاعدة الاسطوانة القائمة المستديرة دائرية فمساحتها مساوية لحاصل
ضرب محيطها في ربع قطرها
فاذن يكون حجم هذه الاسطوانة مساويا لمحيط القاعدة مضروبا في نصف قطر
هذه القاعدة وفي ارتفاع الاسطوانة المذ كورة

وحيث ان المنشور المائل او القائمة التي قاعدتها واحدة وارتفاعها ايضا
واحد متساوية في الحجم فالاسطوانات القائمة ار المائلة التي قاعدتها واحدة
وارتفاعها كذلك متساوية الحجم ايضا ويمكن بغاية السهولة تقدير حجم
الاسطوانة الناقصة القائمة المستديرة وليكن ا ب ث (شكل ١٠) الدائرة
المستعملة قاعدة لهذه الاسطوانة و و و محورها فيكون حجم الاسطوانة
الناقصة التي هي ا ب ث هـ في الخ مساويا لسطح القاعدة مضروبا في محور

ووجه معنى انه يكون مساويا لحجم الاسطوانة القائمة التي ارتفعها و
وبرهان ذلك ان نقرض اسطوانة **ا ب ث ا م ش د** التي قاعدتها العليا
موضوعة في مركزها وهو **و** ونقول ان حجمي **ا م د ه و ث م ن ف**
متساويان ونلاحظ لاجل ذلك من مبدء الامر ان **د ه و** هي مركز دائرة **ا م ش د**
فيقسم قطر **م و د** هذه الدائرة الى جزئين متساويين

فاذا اردنا حجم **م د ه ا ه** حول **م د** كادارة اللواب بقدر زاويتين قائمتين فان
نصف دائرة **م د ا** ينطبق على نصف دائرة **م د ه ث** وتكون جميع اجزاء
الاضلاع مثل **ا ه** الخ منطبقة على اضلاع **ق ث** الخ وبالجمله فستوى **م د ه**
ينطبق على مستوى **م د ف** فاذن يكون الحجمان منحصرين بين ثلاثة سطوح
تطبق على بعضها وبناء على ذلك يكون حجمها واحدا غير ان الاسطوانة

النائمة تزيد على الاسطوانة الناقصة وهي **ا ب ث ه ف** بقدر **م د ا ث**
وتتقص عنها بقدر **م د ه ث ف** فاذن يكون الاسطوانتان متساويتين
في الحجم وقياس احدهما قياس الاخرى

وكذلك يوجد في دائرة **ا و ب** (شكل ١١) قطاعات بقدر
ما في الاسطوانة من القطاعات التي قاعدتها هي قطاع الدائرة والتي تنتهي من
جهة **ا ب - ا** بنفس السطح الاسطوانى ومن الجهتين الاخرين بمستوى
ا ا و و ب - و و المارين بمحور الاسطوانة الذي هو **و د**

وقد تكون قاعدة قطعة الاسطوانة قطعة دائرة **ا ب ث** (شكل ١٢)
ويكون محيطها والاجزاء **ا ث ب - ث ا** الاسطوانى وثانياً مستوى
ا ب - ا الموازى للمحور والذي صورته على صورة شكل متوازى
الاضلاع

(اجزاء عملية خواص الاسطوانة في تحديد الظلال)

اذا وصلت اشعة الشمس اليها كانت متوازية تقريبا بحيث يتعذر على الآلات

الحكمة ان تبين ما يظهر من الاختلاف الموجود في اتجاه شعاعين شمسيين
نازلين على بعد واحد عظيم من بعضهم او ذلك كنهايتي عمارة كبيرة متقابلتين
ولذا تدبر اشعة الضوء الخارجة من الشمس كأنها محكمة التوازي

فاذا كان باب او شبك او قبوة على هيئة قوس دائرة **ا ب ث د ه**

(شكل ١٣) مضياً بالاشعة الشمسية التي هي **ا ا ب - و ث**

و د ه و **ه ه** فان هذه الاشعة خطوط مستقيمة موازية لبعضها

تمر بمحيط الدائرة وترسم شكل اسطوانة او منشور قاعدته **ا ب ث د ه**

وهذه الاسطوانة تفصل الجزء المضيء بالشمس من داخل الباب او الشباك

او القبوة من الجزء الموضوع في الظل

وتكون الاسطوانات بسبب شكلها ووضعها من اعظم المهمات اذا اقتضى

الحال تحديد الاجزاء المضيئة والاجزاء الموضوعه في الظل في رسم العمارة

والتصوير وجميع فنون الرسم وسنبين في الدروس الآتية الطرق المستعملة

في حل المسائل الاصليّة الخاصة بالظلال على وجه هندي

(اجراء عملية خواص الاسطوانة في الهندسة الوصفية)

اعظم استعمال خواص الاسطوانة النافعة هو استعمال سطح هذه

الاسطوانة لكونه يبين رسم الخطوط المنحنية او مساقطها على مستويات

فاذا فرضنا في الفراغ خطاً منحنياً مثل **ا ب ث د ه** الخ (شكل ١٤)

واردنا رسمه على مستوى المسقط وهو **م ن ح ح** فانا نأخذ من كل نقطة

من هذا المنحنى خطاً عمودياً الى هذا المستوى ويتكون من تتابع نقط

ا ب - و ث و د ه الخ التي تكون مواقع الخطوط العمودية

على المستوى المذكور خط منحنى يدل على الرسم الهندسي او على مسقط منحنى

ا ب ث د كما قيل

وفي العادة يرسم كل منحنى على مستويين **م ن ح ح و ح ح ر ض**

العمودين على بعضهما بشرط ان تكون خطوط المسقط التي هي

١١ و ب ر و ث الخ العمودية على المستوى الاول موازية

للمستوى الثاني و خطوط ١١ و ب ر و ث الخ العمودية على

المستوى الثاني موازية للمستوى الاول فاذاً يكون مسقطا ا ر ث هـ

و ا ر ث هـ كافيين في التحديد التام لنحني ا ب ث د هـ الخ الحادث

منهما كما ستري ذلك عند تقاطع السطوح

وقد عرفنا انه بواسطة المستوى يمكن تركيب الاسطوانات وصناعتها

وبالعكس بمعنى انه يمكن بواسطة الاسطوانات تركيب المستويات وصناعتها

(بيان استعمال الاسطوانة في الزراعة)

اعلم انه بواسطة الاسطوانة التي نديرها في طريق حدثت فيها الرمال عن قريب

او على خضرة او ارض محروثة حرثا جيدا تمهد الاجراء الباردة حتى

تساوي الاجزاء المنخفضة ان الداخلة ونمهد الارض حتى يحدث عنها

سطح مستوي

: بين استعمال الاسطوانة في ترقيق القطير

يستعمل الحبل الاسطوانة من الخشب تسمى بالنشابة وذلك بان يدحرجها

ويضعها اوبدفعها بيده كي يرققها المجهين حتى يصير منتهيا من اعلاه

واسفله بسطوح مستوية

(بيان الاسطوانات المركبة اعني آلات الجلب)

يستعمل في احداث سطوح مستوية اسطوانتان مركبتان يكون محوراهما

متوازيين وهذا يتم بفعل استعمال اسطوانة واحدة وليكن

ا ب و ا - (شكل ١٥) هما محور الاسطوانتين المركبتين بشرط

ان يمكن قربهما او بعدهما عن بعض على حسب المطلوب فاذا كان المحوران

موازيين لبعضهما مع الاتقان وكانت الاسطوانتان مصنوعتين مع الضبط

المطلوب فانما يكونان دائما على بعد واحد من بعضهما واذا مررتا بعد تمام

ذلك بين الاسطواناتين بلوح معدني اوشئ آخر من المعادن قابل لتحميد
فان هذا اللوح يؤول الى السلك المعين بالبعد الاقصر الموجود بين الاسطواتين
المذكورتين

فاذا قربنا الاسطواتين من بعضهما يسيرا بعد حرور اللوح بينهما اول مرة
لنتميزه ثانيا بينهما فالتأتم هذه تمهيدامساويا ومناسبا لهذا القرب واذا تأتمدنا
على هذه الطريقة وتبعناها فالتأتم نرقق اللوح شيئا فشيئا ترققا مناسبا
للسلك المطلوب وهذه هي فائدة آلات الخلع

(بيان استعمال الاسطوانات في عمل الورق)

قد احدث الصنعة في هذا المعنى جملة عمليات من خواص الاسطوانات
وهي ان كل اسطوانتين مغطاتين بالجوخ يضغطان مادة الورق ويجعلانها
فرخا مستطيلة على قدر المطلوب ولهذا كان يسمى بالورق الجائر

(بيان استعمال الاسطوانات في صناعة الطبع)

نضع حروف الطبع اللازمة لطبع اى فرخ كان على اسطوانات ذات قطر كبير
وتكون هذه الاسطوانات متحدة مع اسطوانات اخرى مغطاة بالجلد
ومدهونة بالخبر الذي تلمق منه كمية معلومة على حروف الطبع ثم تمر فرخ من
الورق المصقول بين هاتين الاسطواتين اللتين عليهما الحروف فينطبع فيه
صورة تلك الحروف وهذه الطريقة التي يحصل بها الطبع مع غاية السرعة عامة
النفع لاسيما في نشر الجرائد التي يلزم جمعها ونشر اوراقها في مدة قليلة من
الزمن ولو بلغ ما بلغ مقدار النسخ المطلوبة من هذه الجرائد

وتستعمل هذه الاسطوانات ايضا في رسم جملة من الاشكال على الاقشة
وكيفية ذلك ان تنقش على اسطوانات متخذة من النحاس الالوان المطلوب
طبعها

(بيان طبع الليتغرافية اى الطبع على الحجر)

لا تستعمل في الملازم الليتغرافية الا اسطوانة واحدة وذلك بان يكون القرخ
المطلوب طبعه موضوعا على الحجر بعد تمام الرسم وتنقشه بالخبر ثم تمر عليه

اسطوانة اخرى فتؤثر فيه تأثيرا متساويا في كل جزء من اجزائه فينشأ عن ذلك تسوية الطبع وظرافته

(بيان الطبع بالنقش)

اذا اريد النقش بالواح من النحاس فالتأثير بكل من اللوح المستوي وفرخ الورق الذي تنطبع فيه النقوش بين اسطوانتين يضغطان احدهما فوق الاخر

(بيان استعمال الاسطوانات المزدوجة)

(في صناعة الحديد وجعله قضباناً)

بعد أن نضمن كتلة من الحديد الغنيم نحضن جيداً على حسب الطريقة القديمة المستعملة الى الآن في سائر بلاد أوروبا لصناعة الحديد نضعها على سندان ثم ندق عليها بطريقة ثقيلة تنقي خبث الحديد الذي في هذه الكتلة فيحدث بواسطة هذه المطرقة متشairs اوقضبان من الحديد تكون صورتها تامة اوناقصية على حسب تأثير المطرقة فيها وقد استعمل الانكليز منذ سنوات الاسطوانات المزدوجة لتكون مع الانتظام التام عوضاً عن شغل المطرقة الخشبي وذلك بان نفرض زوجين من الاسطوانات المضلعة بحيث يتولد عنهما انفرجات تكون اشكالها على هيئة الاشكال المعينة الصغيرة بالتدريج كما في (شكل ١٦) اوعلى صورة الاشكال المستطيلة القليلة العرض مع التدرج ايضاً كما في (شكل ١٧) وبعد ان فضلع الكتلة المذكورة بالمطرقة على قدر الامكان فمزجها بين الاسطوانتين وعلى انفرجات ١ و ٢ و ٣ التي تنقص غلظ تلك الكتلة وتجعلها قضباناً مربعة او مستطيلة وهذه الطريقة منفعلة عظيمة في كونها تبسط مع الانتظام التام الحديد وتمده وقد شرعوا في استعمال هذه الطريقة في بلاد فرنسا لكن لسوء الحظ لم تستعمل الا في قليل من الورش الصغيرة جداً

(بيان استعمال الاسطوانات في ندف القطن)

قد استعملت الاسطوانات مع النجاح في ندف القطن والصوف وكذلك في تحليل

التيل والكتان

وقد تكون الاسطوانتان الموضوعتان بالتوازي (شكل ١٧) مشحومتين باضراس مسننة مغروسة مع الانتظام على سطحيهما بحيث تدخل اسنان احدهما بالسهولة بين اسنان الاخرى وعندما يدخل القطن او الصوف او الكتان او التيل بين الاسطوانتين المذكورتين اللتين يتحركان بحركة مضادة او متحدة الا انهما يختلفان في السرعة تمتد خيوط هذه الاشياء بالتوازي ويتألف منها عند بروزها من الاسطوانتين طارة مستوية تسمى آلة الندف

(بيان استعمال الاسطوانات في غزل القطن)*

(والتيل ونحو ذلك)

كيفية ذلك أن نؤلف اسطوانة قائمة مستديرة مثل **آ ب** مع اسطوانة مخططة مثل **ث د** (شكل ١٥) فتكون الخيوط مشدودة بين اسطوانتين اوليين وتكون ايضا مشدودة مع السرعة بين اسطوانتين اخرين موازيين للاوليين فينشأ عن ذلك امتداد جزء الخيط الموضوع بين زوجين من الاسطوانات بالنسبة لاختلاف سرعة زوجين آخرين منها فاذا امتدت الخيوط بهذه الكيفية صارت رفيعة جدا وهذا هو احدى القوائد العظيمة الموجودة في آلات الغزل المستعملة الآن

وحيث كانت صناعة الاسطوانات المخططة من جملة العمليات النفيسة في الصناعة فهي مستلزمة للضبط والاحكام ثم ان خطأ التوازي الموجود في التخطيط واحتلال اقطار الاسطوانات وان كانا قليلين جدا الا انهما يحدان في الخيوط الرفيعة اختلافا ينشأ عنه انعدام ثمرة متانة الخيوط والتساوي الملايم لوقتها

(بيان تخطيط الاسطوانات)

يستعمل لاجل ذلك آلة صالحة لتقسيم الدائرة الى اجزاء متساوية على حسب الطرق التي تكلمنا عليها في الدرس الثالث

وبعد ان بين الانسان عدد التخطيط ويقف على دائرة التقسيم الناشئ عنها
هذا العدد يبتدى بعمل تخطيط اولي بواسطة آلة قاطعة تتوجه على امتداد
لدليل مواز مع الصحة والضبط لمحور الاسطوانة ثم ترجع القهقري وبعد عمل
التخطيط الاول تقدم دليل تقاسيم الدائرة من نقطة معلومة فتظهر الاسطوانة
في وضع مناسب لعمل التخطيط الثاني الذي يعمل ايضا بواسطة هذه الآلة
القاطعة وهم جرا

وفي الغالب تركب الاسطوانات بطريقة اخرى وذلك بان ندخل اسطوانة مجسمة
في اسطوانة مجوفة كما في حركة المكباس في الطلمبات (شكل ٢٠) وحركة السدادة
في الزجاجة وحركة جرعى الابارة (شكل ٢١) او لعبة النشوق المستديرة
(شكل ٢٢) وغير ذلك

ويستعمل في ذلك ايضا الاسطوانات المجوفة المتعشقة ببعضها مع الضبط
كما في النظارات التي تنظر بها الالعب ونظارات البحارة التي تنبسط على حسب
المطلوب كما في **آ ب** (شكل ٢٣) وتنقبض كما في **أ -** فاذن يتضح لنا
ان سهولة حركة تعشق آلات هذا النوع وضبطها تتعلق باستكمال صناعة كل
اسطوانة مجوفة داخلية كانت او خارجية

ثم ان الانكليز يجمعون بواسطة تعشق الاسطوانات الخطوط الطويلة من
الانابيب المستعملة لتسليك مياه مدنهم وقد يمتد الحديد امتدادا محسوسا
بالكلية عند شدة الحرارة ويتقبض انقباضا مضاهيا لامتداده عند ضعف هذه
الحرارة فاذا كانت الانابيب موضوعة بالحرير على طول عظيم بدون ان تتحرك
اطرافها بلا مانع فانها تتكسر قعين لاجل اجتناب هذا الضرر احد
طرفي كل انبوبة باسطوانة مثل اسطوانة **أ ب د** التي هي اعرض من
جسم انبوبة **ث ف** (شكل ٢٤) وندخل في هذا الجزء العريض
طرف الانبوبة الصغير الذي هو **م د** وهذا الادخال كاية عن ككون
الانبوبتين يمكن ادخال احدهما في الاخرى وان كان هناك التحام يجمع

بينهما وبصيران مائلين بهذه الكيفية سواء كان ذلك بواسطة الانبساط
او الانقباض المتولد من تغير الحرارة

(الدرس التاسع)

(في بيان السطوح المخروطة)

السطح المخروط مثل ض ا ب ث د ه (شكل ١) يرسم
بواسطة خط مستقيم مارداً بمناقطة ض ومتكئاً على ا ب ث د ه
فتكون مستقيمان ض ا و ض ب و ض ث الخ هي اضلاع
المخروط وتكون نقطة ض رأسه

ففي الصورة التي يكون فيها رأس ض ومنحنى ا ب ث د ه على
مستوى واحد يكون سطح المخروط هو سطح المستوى المذكور ولذا اذا دار فرس
في الميدان فان النير الذي هو خط مستقيم ممتد من عمود الميدان الى النقطة

التي يربط فيها الفرس المذكور يرسم مخروط ض ا ب ث د الخ

(شكل ٣) وهذا اذا كان الرأس خارج منحنى ا ب ث د الخ
المقطوع بنقطة ربط الفرس فاذا كان النير اقنيا كان هذا المخروط مستويا

لان رأس ض موضوع في مستوى دائرة ا ب ث د التي يقطعها

الفرس فاذا ن تكون اضلاع ض ا و ض ب و ض ث الخ

انصاف اقطار لهذه الدائرة

ثم ان المهندس يعتبر المخروط (شكل ١) كسطح منحني ممتد من كلا

طرفيه الى ما لانهاية له وكذلك الخطوط المستقيمة التي هي اضلاعه والمخروطان

الحادان من جزئ كل ضلع الموضوعان امام الرأس وخلفه يعتبران ايضا

كسطح واحد منحني ويقال لهذا الرأس مركز المخروط لكون المخروطين

المذكورين يكتنفانه من الجهتين السابقتين

وقد اسنبن لنا من الصناعة بعض امثلة من هذه المخاريط الكاملة اى

المزدوجة فن ذلك المنكباب (شكل ٢) المستعمل في السفن لمعرفة الزمن فانه مترصّب من مخروطين منتظمين على الوجه المبين في الشكل المذكور وبعد مضي مدة مجعولة وحدة للزمن ينزل الرمل بتمامه من المخروط الاعلا الى المخروط الاسفل ثم يعقد من وحدات الزمن بقدر مرات اداة المنكباب

وفي القنون يكون للخاريط امتداد محدد دائما ولا يعتبر منها على الاطلاق

الاجزاء واحد كطية ض ا ب ث د (شكل ١)

فاذا كان المخروط منتهيا بمسطح مستو مثل ا ب ث د ه (شكل ١) فانه يطلق على هذا المسطح اسم قاعدة المخروط وتقرض في هذا الدر من كل مخروط يكون منتهيا بقاعدة مستوية

فالمخروط القائم المستدير او المخروط المنتظم الذي هو اسهل الخاريط هو

الذي تكون قاعدته وهي ا ب ث د ه ف (شكل ٣) دائرة

ويكون رأسه وهو ص موضوعا على محور الدائرة المرموز اليه بخط

ض و المستقيم وهذا الخط ايضا هو محور المخروط

وتكون قاعدة المخروط المستدير المائل (شكل ٥) دائرة الا ان اضلاع

لا تكون مساوية لبعضها ولا يكون خط ض و المستقيم الممتد من

الرأس الى مركز القاعدة عمودا على مستوى هذه القاعدة

وحيث كانت اضلاع ض ا و ض ب و ض ث مائلة

ومساوية البعد من خط ض و العمودي على مستوى الدائرة في

المخروط المنتظم (شكل ٣) فانها تكون متساوية فاذن تكون جميع

اضلاع هذا المخروط متساوية ايضا وتآلف منها مع المحور زاوية

واحدة

ولنفرض ان هناك مخروطا حادثا من عمليات الفنون نرسم عليه عدة اضلاع دقيقة بحيث لا يظهر منها سوى منظر سطح كامل الامتداد مشحون بخطوط صغيرة الابعاد بحيث يعسر علينا مشاهدتها وهذا السطح المركب من عدة مثلثات مستوية صغيرة موجودة بين عدة اضلاع مختلفة ليس مغايرا للمخروط الهندسي فاذا اخذنا واحدا من هذين السطحين عوضا عن الاخر وكان فيه خطأ فان ذلك الخطأ يكون قليلا جده بحيث لا يمكن رؤيته وبصير كلا شيء بالنظر الى الصناعة

وبناء على ذلك يعتبر المخروط دائما كالهرم ذي الالوجه الكبيرة المثلثية التي يكون عرضها صغيرا جدا وارتفاعها مختلط بطول الاضلاع فاذا ن تكون مساحات السطح والجسم المختصة بالاهرام (درس ٧) مستعملة في المخروط بلا مانع

فاذا كان المخروط القائم المستديره رما منتظما فانه يحصل اولا ان مجموع سطح الالوجه اى السطح المنحني من المخروط القائم المستدير يساوى حاصل ضرب محيط قاعدته في نصف ضلعه وثانيا ان مجموع السطح المنحني المستدير و سطح قاعدة المخروط القائم يكون مساويا لمحيط القاعدة مضروبا في نصف ضلعه زائدا ربع قطر القاعدة ويكون حجم اى مخروط كان مساويا لحاصل ضرب ثلث ارتفاعه في سطح قاعدته

فاذا قطعنا المخروط بمستو مواز لقاعدته فولد من ذلك مخروط ناقص تكون مساحه سطحه وحجمه ايضا كما مساحه الهرم الناقص وحجمه

وسطح المخروط الناقص المنتظم يساوى نصف مجموع محيط قاعدتيه مضروبا في طول الضلع المتحصر بين هاتين القاعدتين

وبرهان ذلك انما اذا قطعنا هرما بمستو مواز للقاعدة (شكل ٧) فان الهرم الصغير المنفصل بهذا القطع يكون مشابها للهرم الاكبر فاذا كانت هذه الخاصية صحيحة ولو بلغت اوجه الهرم الاكبر في العدد ما بلغت كانت صحيحة ايضا في المخروط وكذلك في سائر ما يتولد عنه من النتائج فاذا ننتج لنا اولا

اتنا اذا قطعنا مخروطا بمستو مواز للقاعدة فانا تقصّل مخروطا صغيرا مشابها
للكبير وثانيا انه اذا كان هناك مخروطان متشابهان فان سطح الجزء
المخفى منهما يكون مناسب المربع الخطوط المتقابلة في هذين المخروطين وذلك
كمربع الاضلاع مثلا وثالثا ان سطح القاعدتين يكون مناسب المربع
الخطوط المتقابلة ايضا ورابعا ان حجم المخاريط المتشابهة تكون مناسبة
لكعبات الخطوط المتقابلة (شكل ٧)

ولنصنع مخروطا ناقصا مثل $أ ب ث$ الخ و $أ ر ث$ الخ (شكل ٧)
بان تقصّل مخروطا صغيرا من مخروط كبير بمستو قاطع فيحصل معنا ضرورة
حجم المخروط الناقص بواسطة تقدير حجم المخروط الصغير وفرضه ثم نطرحه من
حجم المخروط الكبير وحيث كان كل من هذين الجسمين مساويا لحاصل ضرب
القاعدة في ثلث الارتفاع فلا يكون في اجراء العملية صعوبة
واذا لم يكن المخروط قائما ولا مستديرا او كان غير قائم فقط نعدّر اخذ مساحة
سطحه بواسطة القواعد التي ذكرناها آنفا

وينبغي لاجل اخذ مساحة سطح المخروط ان نحمله الى عدّة مثلثات $ت$ كفي
في الضبط المطالب ثم نجعل هذه المثلثات بجوار بعضها على مستو واحد فلذلك
جعلنا مثلثات $ض أ ب و ض ب ث و ض ث د$ من

(شكلي ٣ و ٥) في $ض أ ب و ض ب ث$
 $و ض ث د$ من (شكلي ٤ و ٦) فمن الجلي اذن ان السطح

المخفى من المخروط يساوي سطح $ض أ ب ث$ الخ المستوي وتكون
مساحة هذا السطح الاخير على حسب القواعد التي ذكرناها في الدرس
السادس

وبعد ان بينا ان القيسة اللازمة لسطح المخروط وحجمه نبعت عما يستعمل
من هذه المخاريط في القنون فنقول

قد يستر المعمار والنجار العمارات المستديرة بمخاريط قائمة مستديرة
(شكل ٨) يكون محورها هو محور العمارة المذكورة ويصنع الطوبجية
مدافعهم على صورة عدة مخاريط ناقصة تكون قاعدتها الكبرى جهة البورمة
وهي اسفل المدفع وكذلك صانع البرانيط يجعل قوالب البرانيط المعدة لرجال
الافرنج ونسائهم على شكل مخروط تام او ناقص ويجعل اطرافها مستوية
او مخرنية ولذا كانت البرانيط التي جرت عادة الفرنج باخذها للزينة
والرافاهية تتنوع بتنوع ابعاد هذا المخروط التام او الناقص وبتنوع الطرف
ايضاً راجع (شكل ١٠ و ١١ و ١٢)

ويحدد صانع المزاير الجزء الاسفل من انابيب الاسطوانية بمخروط ناقص مثل
أ ب ض ط (شكل ١٣) وتكون الانابيب التي نغماتها كنغمات
النغير ومجموعها يقال له حركة النغير وهو أ ب ض ط (شكل ١٤)
مصنوعة بوجه تام على شكل مخروط ناقص

ويجسم المعمار لاجل المتانة اعمدة ابنيته من مبدء القاعدة الى ثلث ارتفاعها
بان يتص منهاداً ثم اطول القطر من مبدء القاعدة المذكورة الى الجزء الذي
يكون عليه رأس العمود فاذا اريد صناعة اعمدة مرتفعة جداً بحيث لا يمكن
اخذها من حجر واحد فالتأنيص صورها وتقسيمها الى عدة اجزاء بواسطة جملة
مستويات متوازية ثم تعتبر تلك الاجزاء المختلفة التي قسمنا اليها تلك الاعمدة
مخاريط ناقصة (شكل ١٥) ونقطع حينئذ كلام من هذه الاجزاء المسماة
بالخرجات ونجعلها مخاريط ناقصة بسيطة

وقد يجعل مهندس السفن صواري سفنه على شكل الاعمدة بان يتص منها
على التدرج طول اقطارها من مبدء القاعدة الى الرأس
وفي صناعة المخروط كثير من الطرق المشابهة للطرق المستعملة في صناعة
الاسطوانة

فيمكن من مبدء الامر تأليف كثير الاضلاع المنتظم الذي هو أ ب ث د ه

(شكل ٥٣) من عدة اضلاع ويمكن عمل كل وجه من الالوجه المستوية
 التي هي ض ا ب و ض ب ث و ض ث د الخ على
 حسب الطرق التي سبق ايضاحها في الدرس الخاص بالمستويات
 فاذا لم يكن هناك الا مخروط قائم مستدير ناقص مثل ا ب ث د الخ
 و ا ر ث د عوضا عن مخروط تام فانه ينبغي ان نبني بصناعة وجهي
 ا ب ث د الخ و ا ر ث د المستويين (شكل ١٦) المتوازيين
 توازيا تاما ونرسم في هذين المستويين قطعي و و و بان يكونا على
 مستقيم عمودي على المستويين المذكورين ثم نمد من هاتين النقطتين
 مستقيمي و ا و و المتوازيين اللذين طولهما كطول انصاف اقطار
 دائرتي ا ب ث د ه و ا ر ث د ه المطلوب رسمهما
 وبعد تمام ذلك نقسم المحيطين الى اجزاء متساوية ونقدم قط التقسيم التي هي
 ا و ب و ث و د الخ و ا و ر و ث و د الخ اعادة
 على نصف القطر لاجل تأليف مضلعين مستقيمين محيطين بدائرتين ونصنع
 الالوجه المستوية على اشكال شبيه المنصرف بحيث تكون قاعدتاها السفلى
 والعلوية اضلاع المضلعين المذكورين وهي ا و ر و ث و د و ا و ر و ث و د
 و ر و ث و د و ر و ث و د الخ ونعطي هذا المتوال
 نصنع هرا ما ناقصا محيطا بالمخروط فاذا نقصنا اضلاع ا و ر و ث و د
 و ر و ث و د و ر و ث و د الخ بواسطة الفارة او غيرها من الآلات
 الصالحة لتمهيد تلك الاضلاع واصلاحها حتى مست الالوجه الجديدة
 المستوية المطلوب عملها الدائرتين فنحصل معنا ايضا هرم ناقص له وجهان
 او عدة اوجدا اكثر من الاول ويكون اقرب شها بالمخروط فاذا تمامنا على
 تمهيد الاضلاع واصلاحها كان شكلها دائريا يقرب من الشكل الحقيقي
 للمخروط حتى نصل في ضبط ذلك الى الدرجة الموافقة لعمليات الصناعة

ثم ان الطريقة التي ذكرناها آنفا ليست الا طريقة تقريبية فينبغي سلوك
طرق اخرى في صناعة المخروط مستمرة لا تنحزم اجملا
وحاصلها انه يمكن صناعة سطوح مخروطية بواسطة المخرطة وذلك بان توجه
الالة القاطعة وهي ح (شكل ١٧) الى دليل م ن القائم الثابت الموازي
لضلع أخ فتتسم تلك المخرطة في كل وضع من الالة المذكورة دائرة محورها
الخط المستقيم الذي يمزبط في المخرطة المذكورة ويتكون من مجموع الدوائر
المرسومة بهذه الكيفية سطح مخروط مثل ض أ ب ث (شكل ١٧)
وبذلك يحدث معناد وامة ض أ ث (شكل ١٨)
ويمكن صناعة المخروط القائم المستدير بإدارة الخط الراسم اى المحدث حول
محور ض و (شكل ٣) ويحدث عن هذا الخط دائما زاوية واحدة
مع المحور المذكور (راجع الدرس الحادى عشر)
وبهذا البيان يمكن احداث اى مخروط بواسطة خط مستقيم متحرك يزداد
بالنقطة المجمولة رأسا

(بيان استعمال آلة التصوير)*

نستعمل هذه الالة لنقل صورة أ ب ث د الخ مع الضبط والاحكام
بان يدور قضيب قائم حول نقطة ض الثابتة ويتكأ باحد طرفيه على الرسم
الجانبى وهو أ ب ث د المذكور ويسند الطرف الاخر الذى فيه قلم
الرصاص المستزعل على ورقة مستطيلة يكون مستويا موازيا لمستوى الصورة
فاذن يكون المنحني وهو أ ر ث و الخ المرسوم بالقلم المذكور مشابها
لرسم الجانبى وهو أ ب ث د الخ

وبرهان ذلك ان ع د و ض و (شكل ١٩) عمودا على المستويين
التوازيين من الرسم الجانبى وصورته فيكون و و وهما النقطتان

الثان يتلاقى فيهما العمود المذكور مع هذين المستويين وفرض ان القضيب
 المستقيم المستعمل في رسم الصورة في وضع من اوضاع تلك الصورة مثل
 اض ا و غ د وا و فاقول ان مثلثي اض و و اض و
 المستطيلين متشابهان وذلك لان زاوية اض و تساوى زاوية اض و
 لانهما متقابلتان في الرأس وزيادة على ذلك او و او متوازيان
 فاذن يكون مثلثا اض و و اض و متشابهين ويتحصل معنا
 هذا التناسب وهو

ض و : ض و :: ض ا : ض ا :: وا : وا ونبرهن
 ايضا على ذلك فنقول ان

ص و : ص و :: ض ا : ض ا :: ض ب : ض ب
 :: ض ث : ض ث :: ض د : ض د و لم جرا
 و ض و : ض و :: وا : وا :: وب : وب و
 :: و ث : و ث :: ود : ود و لم جرا

فاذن تكون خطوط وا و دا و وب و و و و و
 الخ متوازية متنى وبناء على ذلك يكون ا ب ث د ه ف الخ
 و ا ر ث د ه ف الخ متساويين وتكون خطوطهما المتقاطعة
 موازية ومناسبة لابعاد نقطة ه ف الثابتة ولستويي الرسم الجانبي
 وصورته فاذن يكون ذلك الرسم وهو ا ب ث د وصورته وهي ايضا
 ا ر ث د متشابهين

وهناك سطوح مرسومة بطبيعتها على صورة سطوح مخروطية ترسم بالة
 التصوير المسماة فيزيونوتراس ورسمها بهذه الصورة ناشئة عن الاشعة

الخارجة من كل نقطة من قط الضوء فان هذه الاشعة تدخل في العين بواسطة الحدقة وتتقاطع في نقطة ض (شكل ٢٢) حتى تصل الى سطح ح المسى او الياف العين المشبكة بالشبكة وهذه الالياف هي الصورة التي تنطبع فيها المحيطات الطبيعية وتبقى فيها الوان الاشياء على ما هي عليه وقد ينتقل هذا التأثير الحاصل في الياف العين المذكورة الى الور البصرى فيجوله الى الدماغ الذي هو محل العقل

فعند ذلك يتم عند الانسان وعند اغلب الحيوانات وضع النظر العجيب بواسطة السطوح الخروطية المرسومة في الفراغ وفي داخل العين بواسطة اشعة الضوء التي تحدثها الاجسام المضيئة في سائر الجهات بنفسها وبواسطة الضوء المنعكس في جميع الجهات ثم ان جميع الكواكب المضيئة التي تظهر في السماء مدة ليلة صحيحة وكذلك سائر الاجسام التي يتولد منها صورة منسعة في يوم صحو تظهر في رأى العين بجميع نسبها واشكالها والوانها وتنوعاتها بواسطة المخاريط التي ذكرنا وضعها

* (بيان الاوضة المظلمة) *

ثم ان ارباب الفنون والصنائع قد يشجعون في صناعتهم على منوال ما يتبدعه القدرة الالهية فمن ذلك انهم اذا ارادوا رسم اوضة مثلا جعلوها على صورة حدقة العين كيلا يدخل فيها الضوء الا بواسطة زباجة محدبة من الوجهين على شكل عدسى يشبه حدقة العين التي هي ض (شكل ٢٢) فيجول الضوء الاجسام والوانها واشكالها وحركاتها الى جوانب هذه الاوضة كما يحولها الى الياف العين المشبكة وهي ا-ر-ش فاذا فلقينا هذا الضوء على ورقة امكن رسم محيطات هذه الاجسام التي رسمها ذلك الضوء وتخصيل الوانها وظلالها واضوائها

وان لم يمكن ان الاشعة الخارجة من نقطة ض المنفردة (شكل ٢٠)

التي تقابل سطح ا ر ث هـ ف المظلم تتجاوز هذا السطح فان الاشعة التي ترسم محيط السطح المذكور تمتد وتفصل في امتدادها جزء الفراغ المضيء بواسطة الجسم المضيء من جزء آخر محجوب عن الضوء بواسطة الجسم المظلم ويقال لهذا الجزء المحجوب عن الضوء ظل الجسم المظلم مثلا اذا كان سطح او جسم مظلم موضوعا امام كوكب مضيء فان ظل السطح او الجسم المذكور يكون محددا بـ سطح مخروطي رأسه ذلك الكوكب المضيء
 (بيان الصورة الخيالية)

اذا اردنا ان نرسم على اى مستو كان صورا مشابهة لرسم جانبية مفروضة استعملنا في ذلك خاصية الاشعة المضيئة وذلك بان نضع (شكل ٢٠) الرسم الجانبي الذي نريد النسخ على منواله وهو ا ر ث هـ ف الخ في مستو مواز للمستوى الذي يراد رسم الصورة عليه فاذا كان هنالك نور كنور الشمعة مثلا موضوع على بعد مناسب صار ذلك النور رأس المخروط الذي تكون قاعدته الرسم الجانبي المطلوب اخذ فتمتد المخروط الى مستوى الصورة بحيث يرسم هذا المخروط على المستوى المذكور قاعدة جديدة كقاعدة ا ب ث د الخ مشابهة للاولى ومحددة بالمحيط المجعول حدًا للظل الذي تنقله الصورة وهذه القاعدة هي صورة الرسم الجانبي الخيالية وما قدمناه في شكل ١٩ من الحروف الدالة على آلة التصوير اثبتناه ايضا لشكل ٢٠ الدال على الظل المنقول لان البرهنة التي ذكرناها في شكل ١٩ تجري ايضا في شكل ٢٠ مع غاية الضبط والنتيجة في كل واحدة

(بيان الخيال الظلي)

قد استحسن في نسليّة الغلمان وتعليمهم استعمال خاصية السطوح المخروطية لانها تحدث على مستو مفروض رسما جانبيا صحيحا من شكل واحد او عدة اشكال حتى ان الضوء المنفرد تستضيء به صور متخذة من المقوى او صور اشخاص حقيقية وينعكس به ظل الالمام التي يصنعها هؤلاء الاشخاص

على ستارة تحجب ما وراءها ويدخل الضوء بواسطتها في الاجزاء المضيئة لتكون
 مميزة في اعين الناظر عن الاجزاء الموضوعة في الظل تميزا تاما وهذه الاجزاء
 الاخيرة هي قواعد السطوح المخروطية التي رأسها السراج او غيره من
 الاجسام المنيرة خلف الستارة واضلاعها تمر بالرسم الجانبي من الاشخاص
 المطلوب معرفة وضعهم وصورتهم

فاذا كان جسم أ ب (شكل ٢١) الذي ظله وهو م ن منعكس

على ستارة ر ر يبعد عن النقطة المضيئة وهي ض ويقرب من ا -
 فان الظل المنعكس بواسطة أ ب ليس الا ظل م ن وهو ناقص
 دائما وبهذه الطريقة اذا مكث الجسم المضيء على حالته الاولى فانه يكفي
 في تنقيص امتداد الظل ان تقرب الجسم المرسوم من الستارة بخلاف
 ما اذا بعد عنها فان الظل المذكو ر ر يغزو ويمتد على التدريج وكذلك
 في صورة العكس بمعنى انه اذا جعلنا الجسم المرسوم فارثا بنا والجسم المضيء
 هو الذي يبعد او يقرب من الستارة فان الظل المنعكس ايضا يزيد
 وينقص

واذا بقي كل من التغير الموجود في مقدار الظلال وتغير الالاعاب المتولد عن
 حركة تلك الظلال على حالة واحدة فانه يترب عليهم فائدة الالاعاب المذكورة
 وقد تقتضى خواص السطوح المخروطية ان تجعل ما يلايم هذا اللعب النظري
 من الاشياء والنسب رسوما هندسية محكمة الضبط ولنتكلم الآن على
 عمليات اهم من عمليات الخيال الظلي فتقول

(بيان قاعدة علم المنظر)

اذا وجه من نقطة ض الثابتة (شكل ٢٢) سائر الاشعة النظرية
 الممكنة على خط أ ب ض د المسمى ت تكون من هذه الاشعة مخروط
ض ا ب ث د واذا منعتا قطاع ا س ث د في هذا المخروط

بواسطة م ن فان هذا الشكل الذي هو ا ب ث د تكون
صورته على مستوى م ن كصورة ا ب ث د اى كمنظره وتنطبق
صورته في النظر بمعنى انه يحدث على الياف العين المشبكة صورة
ا ب ث د لان خطوط ض ا و ض ا و ض ب و ض ث و ض د
واذ ض ث و ض د وهلم جرا المستقيمة تختلط ببعضها مثنى
فاذن يكون الغرض من علم المنظر تحصيل صورة الاشياء كما يحدثها على الياف
العين المشبكة عند رؤيتها من نقطة ض فاذا كانت هذه الاشياء ناشئة
عن جسم او عن منظره عسر علينا في الغالب تمييزها وربما اخطأنا عند رؤية
ما شابهها وذلك يكون عند الاعتناء بهذا الفن وهذا هو منشأ انشراح الصدر
وابساط النفس الذي يحدث للناظر عند مشاهدة المناظر المحككة
الصناعة

واذا لم تكن عين الناظر في نقطة ض فان مخروط ض ا ب ث د تتغير
صورته ولا يحدث على الياف العين المشبكة صورة متشابهة للصورة التي
تحدث عن نفس الجسم وهذا هو التأثير الغير المقبول الذي يحصل للانسان
كثيرا او قليلا متى جعل نظره في وضع مخالف للنقطة النظرية وانما سميت
النقطة المذكورة بهذا الاسم لانه بواسطة ايشاهد المنظر ليحظى الانسان
بثمرة تأثيره ويتمتع بها كل التمتع

وقد ينشأ عن منظر الخطوط المنحنية اشكال مخروطية وعن مسطر
الاشكال المضلعة اهرام بواسطة اجتماع الاشعة النظرية من الخطوط
المستقيمة الممتدة من العين الى محيطات هذه الخطوط المنحنية
او المضلعات

فاذا اعتبرنا مضلعا منتظما يكون موازيا لمستوى الصورة واعتبرنا ايضا
ان الشعاع النظرى الممتد من مركز المضلع المذكور يكون عموديا على

المستوى المذكور فان المنظر يكون مشابها للمضلع المذكور وتكون الصورة المرسومة على الياق العين المشبكة هي نفس المضلع المنتظم لكن اذا رسمنا منظر هذا المضلع وغيرنا وضع نقطة النظر كانت الصورة التي ترسم في الياق المشبكة غير منتظمة ويترأى لنا ان المضلع ممتد من جهة ومنقبض من الجهة العمودية

فاذا لم يكن الشكل المطلوب رسمه موضوعا على مستو مواز لمستوى الصورة فان المنظر يبين من جهة صورته الجسم المرسوم تبانيا عاما ويظهر من هذا التبين تنوعات لانهاية لها ومع ذلك فهناك قواعد مهمة عامة النفع في اختصار عمليات المنظر التي لا بد منها لكثير من الصناعات والمعمارية ومهندسي البلدان والمزخرفين وتقاضي الجماعات وغير ذلك

فاذا كان مستقيما أ ب و ث د (شكل ٢٣) موازيين من مبداء الامر لمستوى الصورة وهو م ن فلنا ان نقول ان منظرهما الموجودين على هذه الصورة وهما ا ب و ث د يكونان مستقيمين متوازيين

وبرهان ذلك اننا اذا مددنا الاشعة النظرية التي هي ض ا و ص ب و ض ث و ض د فان خطوط أ ب و ا ب و ث د و ث د تكون متوازية ويكون خطا أ ب و ث د متوازيين فاذن يكون خطا المنظر وهما ا ب و ث د متوازيين ايضا وبناء على ذلك لا يمكن تلاقي هذه الخطوط النظرية

ولنفرض الآن ان خطوط أ ب و ث د و هـ ف المتوازية (شكل ٢٤) تكون غير موازية لمستوى الصورة وهي م ن فنمذ من النقطة النظرية وهي ض الى صورة م ن مستقيمين

ض و موازيا لخطوط ا ب و ث د و ه ف المستقيمة المطلوب وضع
منظرها ثم نمد شعاعى ض ا و ض ب النظريين اللذين يقطعان
الصورتى ا و ب فاذا ن يكون هذان الشعاعان فى مستويا رابطة ض
وبخط ا ب وكذلك بخط ض و الموازى لخط ا ب فاذا ن يكون
كل من نقط ا و ب و ث و الثلاثة الموضوعة على المستوى واللوح
خطوطا مستقيمة فاذا ن يكون خط ا ب الممتد مارا بنقطة و ويبرهن
بمثل ذلك على خطوط ث د و ه ف الخ فاذا ن يثبت المطلوب وحيث ن
نخطوط ا ب و ث د و ه ف الخ التى هى مناظر لمتوازيات ا ب
و ث د و ه ف دائما تمازا اذا امتدت على حسب الاقتضاء بنقطة
و عند ما تكون خطوط ا ب و ث د و ه ف غير موازية
لمستوى اللوح ويقال لهذه النقطة الشهيرة نقطة مجمع منظر خطوط ا ب
و ث د و ه ف الخ المتوازية فاذا رسمنا مناظر صور يكون عليها
كثير من الخطوط المتوازية فن الحفيد ان نعين نقطة المجمع من خطوط
كل اتجاه فيحصل من ذلك نقطة منظر كل من هذه الخطوط فيكنى اذن معرفة
نقطة ثانية لاجل تحديد رسمها

(بيان اجراء علم المنظر فى فن العمارة)

يمكن ان نستخرج فائدة عظيمة من نقط المجمع المستعملة فى عمليات علم المنظر
وذلك عند مشاهدة رسم العمارة بطريقة المنظر فتكون اغلب الخطوط
المستقيمة التى يرسمها المعمارى موازية اما للمستوى المنتصب الذى يكون
تابعا لاتجاه اوجه العمارة المراد رسمها واما للمستويات المنتصبة العمودية
على هذه الالوجه وبالجمله فيكون بعض هذه الخطوط منتصبا وبعضها
اقتضا

وحيث ان مستوى اللوح الذى يرسم عليه المنظر منتصب (شكل ٢٥)

فان جميع الخطوط التي تكون منتصبة في العمارة تكون ايضا منتصبة في المنظر ولما الخطوط الاقية اعني الخطوط الموازية لمستوى الوجه فان نقطة مجمعها المطلوب تعيينها تكون و وتعين ايضا نقطة مجمع الخطوط الاقية العمودية على مستوى الوجه وهي و فاذن لا يكون معنا الانقطة واحدة تعين بخط منتصب وخط افقي وقد يظهر لنا من طريقة المساقط قواعد سهلة جدافى هذا الغرض سنبينها عند ذكر تقاطع السطوح

فاذا كان هناك خطوط متوازية يمكن مشاهدتها في المنظر ينبغي ان نبحث من اول وهلة هل هذه الخطوط الممتدة تمر بنقطة مفردة موضوعة وضعا لا تقام لا وهذه النقطة هي نقطة مجمع الخطوط المذكورة على اللوح

واذا شاهدنا رسم عمارة على لوح منتصب (شكل ٢٥) كما هي الكيفية الجارية في الرسم وفي النقش حسبا سبق لك آفنا فان النقطة الجامعة لجملة من الخطوط الاقية المتوازية تكون موضوعة على المستوى الافقي المار بنقطة المنظر وذلك ان هذا المستوى المنفرد هو الذي يمكن مده حقيقة من النقطة المذكورة مواز بالخطوط الاقية وحينئذ تكون النقطة الجامعة للمنظر الخطوط الاقية الموازية للواجهة من جهة والنقطة الجامعة للمنظر الخطوط الاقية العمودية على هذه الواجهة من جهة اخرى موضوعتين بارتفاع مساو لارتفاع نقطة المنظر وبناء على هذا الارتفاع تكون خطوط الاتجاهين الاقيين مشاهدة في المنظر على حسب مستقيم و و الافقي المرفوع بقدر ارتفاع نقطة المنظر ايضا

وبشاهد مع السهولة (شكل ٢٥) ان اعلا شبائك العمارة واسفلها اللذين هما على صورة خط مستقيم يكونان كذلك على صورة خط مستقيم في رسم منظرهما وهذه هي في الحقيقة خاصية اجزاء الخط المستقيم المتنوعة سواء كانت منفصلة او غير منفصلة وذلك ان اتصال اجزاء الخط المستقيم المذكور ولو بخط وهمي يكفي في تأليف خط مستمر يكون منظره خطا مستقيما منفردا يشتمل على رسم جميع اجزاء الخط المستقيم المذكور والذي

يراد نظره

* (بيان اجراء عملية علم المنظر في التصوير) *

يجب على المصور ان يهتم وقت تصوير الشخص على اللوح بان لا يضعها في مستوا واحد ولا في وضع واحد لانه بدون ذلك تظهر تلك الشخص على ارتفاعات متساوية او ناقصة على وجه منتظم بحيث انها اذا كانت واقعة مع التساوي كانت ارجلها موضوعة على خط مستقيم بل وكذلك جميع الركب والايدي والاذرع والرؤس تكون ايضا على خط مستقيم وبالجملة فهذه الخطوط تتلاقى في نقطة واحدة وهذا ما تفر منه النفوس

ولاجل اجتناب هذه الكيفية الخلة بالرسم يجب على المصور ان يهتم في وضع الشخص على ابعاد مختلفة من الناظر بان يتوهم عدة مستويات موازية لمستوى اللوح وفي المستوى الاول القريب من الناظر تنطبع الاشياء على اللوح بابعاد عظيمة مختصة بها فبعدا في المستوى الثاني اقل منه في الاول وفي الثالث اقل منه في الثاني وهكذا

ويضع المصورون عادة في اول مستوا وفيما يقرب منه الشخص من الاصلية التي تستدعي ابعادا تيقظ الناظر واتباهه بالكلية ويتراى للانسان بمقتضى المستوى الذي تكون فيه الصورة ان منظرها لا يبدل من ابعاد فاذا لم يحددها المصور مع غاية الضبط كان رسمه فاسدا وكانت الشخص من موضوعة خارج الابعاد التي اراد تحديدها واما اذا اجاد وضعها بان وضع رؤسها وضعها محكما ووجه احد اذ اعينها فوجهها منتظما فان الصور التي ينبغي نظرها لا تنتظر

وقد يخطئ المصورون في امور كثيرة ويمدونها بخالفة للمنظر لاسيما في رسم الاجسام والاذرع والاعصاب التي ليست استقامتها موازية لمستوى اللوح وبذلك تكون في الغالب ناقصة في الطول

وهذا الاختصار هو اصعب شئ في الرسم عند ارباب الصناعة فلا يمكنهم تصويرها في الغالب الا اذا وضعوا الرئيكات في المحل الذي يريدون رسمه ويكون

على حسب وضع الارنيكات وقوفهم في المهل الذي يكون فيه وضع الناظر
على حسب المهل الذي يريدون رسمه

وما ذكرنا من القواعد القليلة يكفي في صور كثيرة ليعرف بها صحة منظر الصور
التي نعرفها او عدم صحتها ويحصل في الغالب ان البنائين والمصورين
لا يدركون قواعد علم المنظر على حقيقتها فيخطئون في العملية خطأ فاحشا فاذا
اتسعت دائرة العلوم الهندسية وانتشرت عند اغلب اهل اوروبا ظهر ان الخطأ
الكبير الذي لا يأتثر منه الا القليل من ارباب المعارف في وقتنا هذا يأتثر منه
عامة الناس ويتأذون منه جميعا ولا يمكن للصناعة اجتماعه بدون تعب
شديد فيصبرون على الممارسة وبذل الجهد في تطبيقات العلوم الهندسية على علم
المنظر فيحصل حينئذ لا شعاعهم صحة التناسب اللازمة للاشغال التامة
في الفنون المستطرفة كما هي لازمة في الفنون التي ليس الغرض منها الا ضبط
الاشكال

(بيان اجراء علم المنظر في رسم الآلات ومخسولات الصناعة)

اذا اريد رسم مخسولات الصناعة والآلات استعمال في ذلك غالبا علم المنظر
ومزية هذا العلم على طريقة المساقط العادية هي اظهار كثير من الاجزاء التي
يخفي بعضها بعضا بواسطة طريقة المساقط مثلا قد جرت العادة في
استعمال المساقط بخطوط متوازية ان نأخذ مستوى المسقط المنتصب
موازيا لواجهة العمارة او عمودا عليها في الصورة الاولى لا تظهر الاضلاع
الصغيرة من العمارة ولا تشاهد في الثانية تخفي الواجهة بنفسها بخلاف علم
المنظر ففائدته اظهار وجهي العمارة دفعة واحدة كما تراه

في (شكل ٢٥)

وتستعمل قاعدة المساقط في رسم منظر اى صورة كانت مع الدقة والضبط
فاذا فرضنا ان هذه الصورة نقطة النظر موجودان في المساقط الاضعية
والمنتصبة وكذلك اثر اللوح فحصل معنا منظر اى نقطة كانت من هذه
الصورة بواسطة رسم خط مستقيم ممتد من هذه النقطة الى النقطة النظرية

وبواسطة

وبواسطة البحث عن تقاطع هذا الخط بمستوى الصورة (راجع الدرس الثالث عشر) وينبغي للمعلم ان يوضح هذه الطريقة ببعض امثلة جرتية مع ما يلزم لها من الاشكال وذلك كنظر مربع او مكعب واذا اردنا ان نأخذ رسم عمارة او شيء مصنوع او آلة بواسطة علم المنظر فغائده ذلك العلم هو انه يسهل علينا رسم جميع ما يقع عليه البصر من الصور على حقيقته بدون ان يختل منه شيء فينبغي حينئذ مزيد الاهتمام بتعيين التلامذة على انواع هذا الرسم المختلفة التي يجدون لها طرقا سهلة في كثير من المؤلفات المعتمدة

(بيان اجراء عملية علم المنظر في زخرفة محل الالاعاب)

ينبغي لمزخرف محل الالاعاب لاجل تحسين الالاعاب المذكورة واستجلاب الناس اليها في محل اللعب ان يستعمل اولا صورة كبيرة متسعة وهي الستارة التي تكون بداخل الملعب ويرسم عليها منظر العمارات والبلاد ثم يضع من الجهتين على حسب خطين بعيدين عن بعضهما قريين من الناظر عدة صور غير متسعة مرتفعة موازية لبعضها والستارة المتقدمة وليست تلك الصور في الحقيقة الاغشية للزينة فيرسم عليها اشجارا او اعمدة متفرقة او اجراء متصلة لكن هذه الطريقة ليست مستكملة للشروط لان الخطوط التي ترسم على الاغشية المذكورة يحدث عنها اجزاء خط مستقيم تشاهد من نقطة النظر ويظهر ان تلك الخطوط لا يحدث عنها الا خط واحد لانها لا تكون على استقامة واحدة اذا شوهدت من نقطة اخرى من محل اللعب غير نقطة النظر ومع وجود هذا النخل يكون لهذا المنظر المزخرف المرسوم رسما جيدا مشابهة كلية بمقتائق الاشياء التي يستر المنظر جون الجالسون في الملعب على اختلاف مجال السهم سرورا تاما برؤيتهم ما يروق الخاطر ويوجب الناظر

(بيان اجراء عملية المساقط المخروطية في علم الجغرافيا)

يستعمل في رسم الاشياء الشهيرة الظاهرة على الكرة الارضية او على الكرة السماوية كيفية المساقط المخروطية المضاهية لعلم المنظر

ثم ان المخاريط المتدرجة مثنى او ثلاث والا سطوانات المتدرجة ايضا بهذه
المناسبة يقل استعمالها في علم الميكانيكة مع ان استعمالها فيه فائدة عظيمة
في كثير من الصور

فقد يستعمل فيه مخاريط منتظمة مصقولة (شكل ٢٦) لاجل نقل
حركة الدوران من محور الى آخر بواسطة الهالكة في صورة ما اذا كان المحوران
غير متوازيين

ويستعمل فيه ايضا المخاريط المنتظمة المضرسة (شكل ٢٧) لاجل
هذا الغرض بعينه

واذا اراد المعمار استعمال اعمدة كثيرة حلها الى مخاريط ناقصة تكون
مضرسة اذا كانت الاعمدة ايضا مضرسة وفن تضريس الاعمدة يستدعي غاية
الضبط والاتقان في العمل ومما يستدل به على المهارة النادرة للوجود التي
اكتسبها الشغالون الذين كانوا يشتغلون في عمارة بلاد اثينا مدة
القرون التي كانت فيها هذه المدينة على غاية من السواد والخمار والبراعة
في الفنون والصنائع هو كمال تفصيل تضريس الاعمدة الكبيرة على صورة
سطوح مخروطية وتعام التعديل لهذه المخاريط الناقصة ليحدث من ذلك
تضاريس مستطيلة مع الضبط والاحكام مبدءا رأس العمود وغايتها
قاعدته

ولست محبة تضريس الطائرات المخروطية مقصورة على الزيت والزيتون والرافاجية
بل تكون ايضا في تضريس الاعمدة ويترتب على صحة التضريسات وضبطها
سهولة نقل الحركات وتدبيره وتنظيمه كما سيأتي ذلك عند الكلام على حركة
التعشق (راجع الجزء الاول من الميكانيكة في الجلد الثاني من هذا
الكتاب)

* (الدرس العاشر) *

في بيان السطوح المنتشرة والسطوح المعوجة اى مضاعفة الانحناء وغير
ذلك

كل سطح امكن انتشاره اوبسطه اوانفراد على اى مستوي دون ان يكون في هذه العملية جزء من اجزاء السطح يجب امتداده واتقباضه وتضعيفه فانه يسمى سطحاً منتشراً

وقد اخترنا فيما تقدم نوعين مهمين من السطوح المنتشرة وهما نوع الاسطوانات والمخاريط وعلينا ان يمكن في الحقيقة انتشار هذه السطوح على اى مستوي دون كسر وانطواء وعلينا ايضا عكس ذلك اى انه يمكن انحاء جزء من المستوي بدون انطواء وكسر بحيث يمكن صناعة اسطوانة او مخروط تكون صورته وابعاده معلومين

وبالجملة فقد علم انه يمكن اعتبار الاسطوانة كنشور مركب من اوجه مستوية كثيرة العدد على صورة شكل متوازي الاضلاع ويمكن اعتبار المخروط كالمهر المركب من اوجه كثيرة العدد ايضا على شكل مثلث ضيق جداً ويمكن ايضا ان نعتبر السطح المنتشر (شكل ١) كانه مركب من

اوجه صغيرة مستوية مثل ا ا - و - ب ث و ث ث - الخ منتهية بخطوط مستقيمة مثل ا ا - و - ب - و - ث ث الخ وتسمى هذه الخطوط اضلاعاً

فاذا اردنا انتشار هذا السطح المنحني على صورة سطح مستو فالتا نبشئ بادارة وجه ا ا - حول ضلع ا - ح حتى يوضع في مستو واحد مع

وجه ب ث الثاني ثم ندير هذين الوجهين حول ضلع ب ث حتى يكونا معاً في مستوي وجه ث ث - ا ا الثالث ثم نستمر على هذه الكيفية الى الوجه الاخير فيتمحصل حينئذ معنا انتشار السطح المنحني بتمامه

ثم ان الفرق الذي يكون بين المخروط والسطح المنتشر هو ان جميع الالوجه التي على صورة الزاوية تكون رؤسها في نقطة واحدة بخلاف اوجه السطح المنتشر فان

ا - و - ب - و - ث التي هي رؤس اوجه ا ا - و - ب - و - ث

و ش ث د وهلم جرا تكون مختلفة الوضع

وكذلك يعتبر المهندسون ان الخروط مركب من طيتين (راجع الدرس التاسع) (شكل ١) وكذلك السطوح المنتشرة واحدى هاتين الطيتين ترسم على الوجه الذى ذكرناه فى الدرس المتقدم واما الثانية فتترسم بواسطة امتداد الاضلاع الى **ا ا و ب ب و ش ث** الخ خلف منحنى **ا ب ث د** الخ ويقال لهذا المنحنى خط التهمى والذى يلزم للقانون فى جميع الاحوال هو اعتبار احدى طيى السطوح المنتشرة

(بيان اجراء العملية)

اذا اقتضى الحال حفظ اشياء ثمينة فالتأخير فيها شئ اقل قيمة منها وتكون احاطتها عادة بمادة لينة مستوية كالقماش والورق والمقوى والجلود والحديد والصفى ونحو ذلك مما يتخذ غلافا كالأكياس وعلب الورق وغلاف الاسلحة وغطاء البضائع وجميع انواع العلب والقراطيس واغشية العطارين والاجراء خانة وهلم جرا

وهذه الغلافات مهما كان طيها او عدم طيها هى ضرورة قابلة للتشاور ويجب ان نلاحظ ان المادة التى تستعمل فى ذلك لا سيما اذا كانت من انواع المنسوجات وكانت قابلة للامتداد والانقباض تغير فى بعض الحالات بالنظر الى اشكالها الدقيقة السطح المنتشر كما اسلفنا الكلام على ذلك بمقتضى رأى المهندسين

(بيان اجراء العملية فى صناعة البسط والجوخ)

ينبغي ان نتكلم على السطوح التى تحدث عن البسط والجوخ التى هى معدة لخدمة المساكن والهياكل العمومية فاذا اقتصرنا فى هذا الشأن على اشكال السطوح المنتشرة المطابقة للهندسة على وجه الدقة والضبط فنحصل منها طيات مستقيمة ومحيطات موزنة مجردة عن الظرافة وعن التنوع فى الاشكال وتكون اقرب شها بمحيطات البسط الازسكية

و يظهر ان امة اليونان هي اول امة عرفت واتقنت بواسطة ذلكها وفطنتها ما يمكن تحصيله بمطابقة الخاصيتين الموجودتين في الاقنسة احدهما كونها تنحني على شكل سطوح منتشرة مركبة من اضلاع مستقيمة والثانية كونها تنحني مع الانتظام والتساوي في تبعد عن هذه الاشكال على التدريج حسبما تقتضيه الطرق التي يستحسنها الذوق السليم وهذه الطرق المستعملة في تزيين الابنية والعمارات تصلح ان تجعل اصولا عمومية

ولنرجع الى ما كنا بصدد في شأن السطوح المنتشرة على وجه الاتقان فنقول سيأتي لنا ان تلك السطوح نستعمل بكثرة في الفنون وترى ما يكون في الصناعة من الفائدة في حل مسائلها على وجه هندسي

فاذا اردنا مثلا رسم سطح منتشر (شكل ٢) مارا بنقطي

ا ب ث د ه ف و ا ر ش ه ف المنحنيين اللذين ليسا على مستو واحد فرضنا لاجل هذا الغرض ان منحني ا ب ث د ه ف

مضلع مركب من عدة اضلاع مثل ا ب و ب ث و ث د و د ه وهلم جرا ثم نأخذ مسطرة محكمة الوضع فنضع مسطحها من احد

طرفيها على ا ب ونديرها حول ا ب حتى يتقابل الطرف الثاني بمنحني ا ر ش ه ف في نقطتي ا و ر القريبتين منه جدا ونمد خطوط ا ا و ب ر الى المستقيمة وبعد تمام هذا نضع المسطرة على وجه بحيث يكون وجهها العريض المستوي موضوعا دافعة واحدة على

ب ث و ب ر ونعين نقطة ث التي يتقابل فيها هذا الوجه للمستوى مع الخط المنحني ثم نمد ث ونبين بهذه الطريقة د و ه و ف

الخط فيحصل معنا حينئذ السطح المنتشر وهو ا ب ث د ه ف و ا ر ش ه ف الذي يخالف قليلا السطح المار بمنحني

ا ب ث د ه ف و ا ر ش ه ف (راجع الدرس الثالث عشر) * (بيان نشر الاخشاب المنحنية) *

يلزم غالباً في عمارة المراكب نشر قطعة من الخشب على شكل سطوح يكون محيطها الاسفل وهو **ا ر ث** الخ ومحيطها الاعلا وهو **ا ب ث** الخ من سويين على وجهين من هذه القطعة فاذا اردنا اجراء عملية النشر بدون العوجاج المنشار وقلبه لاجل تغيير شكل تلك القطعة المستوية او المنتشرة ان يكون الخط المستقيم الحادث عن اسنان المنشار متجهما بحيث يمتزج بالتعاقب مع اضلاع **ا ا و ب ر و ث ث الخ** (شكل ٢) فهذه الكيفية بقسم المنشار قطعة الخشب ويرسم سطحا منتشرا

(بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في قطع الاجزاء)

نستعمل السطوح المنتشرة بكثرة في قطع الاجزاء وهي عادة الاسطوانات والمخاريط فلاجل بناء القبوات ذات الاشكال الصعبة نبين شكل جميع محيطات كل حجر ينبغي جعله في بناء هذه القبوة كما نبين ذلك في الدرس الخاص بتقاطع السطوح ولذا يسمى هذا الحجر حجر العقد ولاجل ان تكون العمارة على غاية من المتانة والصلابة ينبغي النحام هذه الاجزاء مع الدقة باجزاء المختنية التي يحمل بعضها بعضا ولذا تسمى بسطوح الالتحام فمن المهم اذن ان تكون سطوح الالتحام محددة مع الاحكام والضبط الكلي لتصير مكائفة في وجهي حجرى العقد اللذين ينبغي تطبيق احدهما على الآخر وبصل الانسان الى هذا الغرض مع السهولة اذا جعل اوجه الالتحام منتشرة فيصنع حينئذ ارنيك كل وجه منتشر سواء كان متخذاً من المقوى او من الألواح الرفيعة وغيرها ويطبق الارنيك المذكور على وجه الالتحام ثم ينظر هل المسطرة تنطبق انطباقاً كلياً على هذا الوجه بموجب اتجاه الاضلاع ام لا

ولا يمكن للانسان ان يعرف حق المعرفة ان سطوح الالتحام لا بد ان يكون لها في جميع اجزاء العمارة شكل مطابق للشكل المتقدم الا اذا مثلنا له ذلك بكنيسة بنهون بياريس وذلك لانك ترى بها قبة متسعة مرتفعة جدا على

اربعة صفوف من الاعمدة الطريقة ولا جل ان تكون العملية تامة ومضبوطة مع السهولة تقطع المخاريط الناقصة المستديرة التي يتركب منها طول العمود بنحتها من منتصفها كي تنضم حوافها بدون ظهور ادنى اثر في خارجها فاذا رأى الانسان هذه الاعمدة عند ارتفاعها فانه بمجرد رؤيتها يرى لها انما من اعظم ملح الفنون بخلاف ما اذا وضع عليها ثقل عظيم من جهة القبوة فان حوافي المخاريط الناقصة المماسية لبعضها وايس لها سطوح كافية تقاوم هذا الثقل تنكسر بالكلية وتهبط القبوة هبوطا كليا حتى يمتلئ الفراغ الذي في داخل المخاريط الناقصة فيجبر الانسان حينئذ على تشييد اكتاف عظيمة في وسط صفوف الاعمدة التي تسند عليها هذه القبوة ولا تظهر ظرافة البناء ولوجعلت التحامات المخاريط الناقصة على صورة سطوح محكمة الوضع ابقى البناء على حاله وبوخذ من علم الهندسة في هذا المعنى ما يستعمل من الوسائل في الصور السهلة والصعبة

فاذا اردنا ان نرسم مع الضبط التام اضلاع حجر العقد المنحنية وهي أ ب

و ب ث و ث د و د أ و أ ر و ر ث و ث د و د أ
(شكل ٣) امكن لنا ان نحدد لاجل كل وجه من وجوه الالتحام سطحا

منتشرا ما اراد فمرة واحدة بخطى أ ب و أ ر و سطحا آخر ما راجع خطى

ب ث و ر ث و سطحا ثالثا ما راجع خطى ث د و ث ر و سطحا

رابعا ما راجع خطى د أ و د ر فاذا ابرينا ذلك في ابحار العقد المتجاورة

فحققت ان الواجه المماسية تنطبق على بعضها انطباقا كليا ومتى علمنا اشكالي

أ ب و أ ر و ب ث و ر ث ومواضعها ماسهل علينا استعمال

الطريقة المذكورة (شكل ٢) في تحديد كل سطح منتشر

واذا اراد الصنائعية ستر مسطح كبير بصفائح رفيعة لينة المادة فانهم يتنون

هذه الصفائح على شكل سطوح منتشرة وكيفية العمل هكذا

وهو انهم يرسمون على المسطح المطلوب ستره (شكل ٤) خطوطاً منحنية

مثل ا ب ث د ه و ا ر ش د ه و ا ر ش د ه و ا ر ش د ه تكون بعيدة عن بعضها بمسافة مساوية لعرض الصفائح التي يستعملونها

ثم يرسمون في ثني هذه الصفائح بحيث تترجم على ا ب ث د ه

و ا ر ش د ه ثم يجمي على ا ر ش د ه و ا ر ش د ه وهلم جرا ويضعونها عقب بعضها بمعنى انهم يجمعونها ببعضها بالالتحام او يطبقون اطرافها على بعضها بطريقة ثابتة

(بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في غطاء القصب والقبوات)

قد غطيت القبوات الفاخرة التي في سوق القمح بمدينة باريس بصفائح من النحاس على موجب الطريقة السابقة

(بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في تبطين السفن)

قد يغطي مهندسو السفن الجزء الاسفل منها المسمى بالقارين كما تقدم على

حسب الطريقة السابقة بصفائح من النحاس كما في ا ب ث د ه ف

(شكل ٧) وتكون اطراف هذه الصفائح مصلحة ومفصلة على صورة خط

مستقيم مع ان اصلاحها في الغالب انما يكون على صورة خط لا يتحد مع

المحيط اتحادا كلياً غير ان الغطاء الذي ليس مساوياً لجميع الزوايا ولا مستقيماً

على سائر الاضلاع يحدث عنه كيفية واحدة كما اذا قطعنا صفائح النحاس

وجعلناها على صورة محيط موافق لكمال تعديلها عند رضائنا منها ملتحمة

ومتلاصقة ببعضها

وهذه الطريقة المستعملة عند مهندسي السفن مستعملة مع غاية النجاح

والفائدة وذلك لان سطح القارين عظيم جداً بالنسبة لامتداد كل صفحة

تستعمل في التبطين ولان النحاس المستعمل في هذه العملية يمتد جزؤه

المتوسط قليلاً حتى يكون متجهاً في كل نقطة على حسب اتجاهه

القارين ويريد ذلك وضوحاً عند بيان انحناء السطوح من حيث هي

ثم ان صانع القوي الذي يصنع عدة سطوح مختلفة بواسطة افرخ من الورق او من القوي ملصوقة احدها على الاخر بواسطة الغراو مجاورا بعضها لبعض يحدث جملة من السطوح المنتشرة ككثيرة التنوع في شكلها وتناسب وضعها

واذا اراد صانع العربات ان يصنع عربة وضع قطع الحديد والخشب التي يتكون منها المحيطات التي على شكل الزاوية من العربة و اوضاع الابواب والشبابيك ونحو ذلك وينبغي له ان يستد المسافات التي تعينها تلك الاوضاع والمحيطات الاصلية ويصنع ذلك بواسطة الواح من الخشب الرقيق اللين الذي يثنيه على صورة سطوح منتشرة تمر بمحيطات مفروضة فيحتاج اذن الى معرفة حل المسئلة التي في شكل ٢ و ٣ ثم ان كلامنا من الخصاص وصانع المداخن والسمكري محتاج لمعرفة حل المسئلة المذكورة فانه في صناعة المداخن وكثير من القدور المستعملة في المعامل مثلا ينبغي في الغالب لاجل تصليح اعلا تلك المداخن والقدور بواسطة الانبوبة ان يرسم سطح منتشر يزدفعة واحدة بقاعدة

ا ب ث د السطلي (شكل ٥) اياما كانت صورتها وبقاعدة ا ر ث د العلياذات الشكل المستدير كالانبوبة فيجب حينئذ ان يعرف حق المعرفة المحيط الذي يلزم جعله لصفحة الحديد او لجملة من الصفائح المعدنية المستوية التي يحدث منها عند ثقيها على وجه مناسب سطح منتشر يزدفعة واحدة بقاعدتي ا ب ث د و ا ر ث د وستكلم على هذه المسئلة في الدرس الرابع عشر الذي يتعلق بالمماسات

وقد استحسن تقطيع السطوح بحلب طويلة منتشرة فهي اولى من تغطيتها بصفائح صغيرة منتشرة كما في (شكل ٤)

واذا ليس العساكر دروعهم رأيت معظم القطع التي تستر اجسامهم واعضاءهم على شكل سطوح منتشرة وهي في الغالب عدة حلب مخروطية او اسطوانية مصنوعة بالسهولة بواسطة صفائح معدنية ذات الفخاء واحد

وليس هنالك من القطع ما ينبغي ان يكون ذا الخنائب كالمخدود مثلا لا مقدار
 قليل حيث يستعمل في ذلك سطوح منتشرة كالبيضة المتخذة من الحديد
 وقد يظهر من عمارة السفن عملية مستحسنة في شأن السطوح المنتشرة
 المنتظمة بواسطة الجلب

وحاصلها ان السفينة اذا كانت مضطعة فانها تكون على صورة سلسلة
 من **و ح ح** (شكل ٦) المركبة من قطع خشب مزدوجة وهذه
 المزدوجات وهي ١ و ٢ و ٣ التي ترتفع في مستويات منتصبة
 يكون بينها مسافات خالية (سه صه زر وشكل ٨ يدل على الارتفاع
 اى انتصاب المزدوج المنتصف اى الذى فى الوسط) ولاجل تميم القارين
 المرسوم بهذه الكيفية ناخذ الواح معتدلة معلومة السمك ويكون محيطها
 مصليا على وجه مناسب ونضعها بالتطبيق على وجه المزدوجات الخارجى
 ثم نثنيها مع السهولة ليحدث عنها سطوح منتشرة تسمى بالجوانب لكونها
 تغطى سطح السفينة وتكتنفه وتنطبق عليه انطباقا تاما بحيث تكون الاضلاع
 على الاضلاع والاطراف على الاطراف وقد يؤخذ من علم الهندسة طريقة
 عجيبة دقيقة في اصلاح هذه القطع

وذلك انه اذا وضعنا الجوانب من مبدء القاعدة الى **ا ب ث د**
 وارادنا ان نضع الجانب الاعلا المنحصر بين خطى **ا ب ث د**
 و **ا ر ث د** فالتأخذ من نقطتى **سه و صه** الموضوعتين
 وضعنا مسابيلين **ا ب ث د** و **ا ر ث د** خيطا ينطبق على المزدوجات
 فاذا فرضنا ان المحيط المراد عمله يكون بحكم العمل والوضع وان
 المحيط المذكور يكون موضوعا بالكلية على سطح الجانب المنطبق على
 اضلاع السفينة فالتأخذ من هذا الجانب اى نجعله منتصبا قائما والمحيط الذى
 يبين على سطح القارين الخط الاصغر الكائنين نقطتى **سه و صه** يستمر
 دائما على ان يبين الخط الاصغر الذى يمكن رسمه بين هاتين النقطتين على السطح

المنشرا عنى على المستوى حيث ان الخط الاصغر الذى يمكن رسمه على
المستوى هو الخط المستقيم فاذا يكون هـ خطا مستقيما
(شكل ٦ مكرر) مادام على الجانب يحفظ وضعه الذى يجعله اقصر خط
بين نقطتي هـ و هـ اى على القارين

فاذا وضعنا ذلك الخيط على القارين عيننا على طوله نقط ١ و ٢ و ٣
الخ وبهذه النقط العمودية على اتجاه الخيط نمر بعيدان من الخشب متجهة
اتجاهها عموديا على اتجاه الخيط المتقدم فتصل هذه العيدان من احد طرفيها
بمحيط ا ب ث د هـ الخ ومن الطرف الاخر بمحيط ا ر ش ذ هـ الخ
الذين ينبغي ان ينطبق بينهما الجانب الجديد انطباقا محكما

فتقيم حيث نخذ خيط هـ هـ ثم نشده على لوح ع ش كل
(شكل ٦ مكرر) بحيث تكون عيدان ا ا و ا ا
و ا ا و ا ا الخ الصغيرة عمودية على الخيط المذكور ونرسم عدة
اشكال مضلعة مثل اشكال ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ و ا و ا
و ا و ا الخ التى يتكون منها خطان منحنيان مستطيلان فتدل هذه
الاشكال دلالة صحيحة على الجزء الاسفل والا علما من المحيط الطولى
من الجانب

ولا يكفي معرفة هذه المحيطات فقط بل يجب ايضا ان نعرف في كل نقطة من
نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ و ٨ الخ الزاوية
التي تحدث عن الجانب المراد وضعه والقارين ليكون وجه الالتحام منطبقا
انطباقا تاما على التمام الجانب المتصل ويجرى ذلك بواسطة اتجاه احد ضلعي
المسطرة المثلثية المتحركة على حسب اتجاه اى عمود كان واتجاه الضلع الاخر
على حسب وجه التمام الجانب الموضوع قبل ذلك توجهها عموديا على ضلع هذا
الجانب المتصل بالقارين واذا قطعنا لوح ع ش كل يملطة
او فادوم لم يبق علينا الاقل تلك الزوايا الى نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤

أخ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ على وجه التقابل واستناظر
ولاجل اجتناب الخلل عند رسم النجار بواسطة مسطرته المثلثية المتحركة
الزاوية التي تحدث في ققط أ و ٢ و ٣ و ٤ الخ عن الجانب الجديد
والجانب الملتصق الموضوع قبل ذلك يضع ضلع المسطرة المثلثية المتحركة
وهو ط ضنه على طرف لوح ن ح (شكل ٦ ثالث) ثم يرسم
خطا مستقيما على طول الضلع الآخر وهو ضنه ر ومتى كانت الخطوط
كالمأموضوعة مع الانتظام الموجود في وضع عيدان ١ و ٢ و ٣
و ٤ الخ التي تقابل ققط أ و ٢ و ٣ و ٤ الخ سهل على النجار
معرفة النقب الذي يلزم جعله لكل نقطة من ققط أ و ٢ و ٣ و ٤ الخ
لاجل رسم الضلع الصغير من الجانب على حسب ما يناسب الواجهة الكبيرة
من الميل

ومما ينبغي التنبيه عليه ان الطريقة المذكورة التي يكون بها السطح القارين
شكل مخصوص يمكن اجراؤها في عمارة السفن بل وفي كل نوع من العمارات
المدنية والعسكرية وهذا من اعظم الطرق اللطيفة والفوائد العظيمة الفريفة
التي تنتج عن تطبيق الهندسة على الفنون ومن اجل الخواص التي تظهرها
الهندسة في السطوح

(بيان الانموذجات والارانيك المنتشرة)

اذا اريد ان يصنع في الفنون سطوح منحنية منتبهة ببعض خطوط فالتا تقسم
هذه السطوح الى اجزاء يمكن اعتبارها كالسطوح المنتشرة تقريرا وناخذ
صورتها بواسطة الانموذجات والارانيك المتخذة من الورق والمقوى التي يحدث
عنها سطوح حقيقية منتشرة مع وجود انحنائها الطبيعي بدون تمزق وانطواء
وهذه هي الارانيك التي يستعملها الخياطون ونحوهم في تفصيل ملابس
الرجال والنساء

(بيان اجراء العملية في تفصيل اقمشة الملابس)

الفرض من تطبيق الهندسة تطبيقا مفيدا هو انتظام تفصيل عدة اجزاء

متنوعة من الملابس بحيث لا يضيع به الاقطع صغيرة من القماش المطلوب تفصيله ومع عدم استعمال المسطرة والبسكار في هذه العملية ينبغي ان يعتقد ان مهارة الخياط ونحوه تقوم مقام ذلك في هذه العملية الهندسية الدقيقة التي تستدعي في آن واحد امعان النظر ومزيد التأمل وكثرة التجربة في معرفة تفاوت الاجسام البشرية وما يناسبها من اشكال السطوح المنتشرة الصالحة لصناعة الملابس

واذا قطع النظر عن التوفير في الملابس واريد جعلها مناسبة لما تقتضيه العادة او قصد بها المباهاة والتفاخر فان لذلك اصولا تتعلق بقواعد هندسية واصول ميكانيكية في صور كثيرة

وينبغي ان تستحضر في شأن الملابس ما سلقناه من المحفوظات المتعلقة بالجوخ والبسط بالنظر الى سطوحها المنتشرة القابلة للامتداد والانكماش في عدة اجزاء وهذا هو منشأ لينها ومرورها ولما كان لهذه الاقشة خاصية ملائمة للاجسام البشرية الحقيقية او المفروضة كانت صالحة لاستعمالها وتعود الناس عليها وهي الاقشة المستحسنة عن غيرها في اللبس كما يقوله صنايعية هذا الفن

فاذا كانت الاقشة المذكورة جامعة بين المرونة واللين والخفة امكن نشرها وطياطيات عديدة بوجوه متنوعة وتكون قابلة لجميع ما يستحسنه الذوق السليم من ذلك فان الاقشة اللينة الرفيعة اذا البست وحصل لها ادنى مس وضغط تتأثر بذلك وتكون طوع يد الماس او الضاغط ويصير منظرها في رأى العين مضطربا لا يستقر على حالة واحدة وربما تذكره الانسان لطائف الحياة وعدم ثباتها وقرارها بخلاف ما اذا لم تجمع الاقشة بين الصفات السابقة فانها تبقى على شدتها وصلابتها وما ذكرناه من تأثير الاقشة اللينة واضطراب منظرها كان يوجد في الاقشة التي كان يستعملها اقدا الصنائعية اتخوذجا في صناعة الجوخ الظريف الذي كانوا يسترون به بعض اصنامهم ويوجد ايضا في انواع الشاش والكشمير الموجود الان

ولاجل ان يكون ملبوس الانسان تاما على ما ينبغي يلزم ان تكون سطوحه على وجه بحيث يتأق لانسان معها حركة جسمه واهضائه كيف شامع السهولة وهذا يستدعي ان يكون في الثياب نوع اتساع وخفة وان يكون تفصيلها ملائما للاعضاء غيراته لما جرت العادة بان الوفاة والعظمة والمقام مما يتوقف على التأق وبطئ الحركة لزم ان تكون ملابس اصحاب هذه الصفات ملائمة لحركاتهم حتى تظهر منافعهم وتعرف وظائفهم فعلى هذا يلزم ان تكون برانس البابات وثياب ارباب المنشورة وعبات الملوك مفصلة تفصيلا متسعا من اقشة قليلة اللون ليجدث عنها سطوح منتشرة تطوى طيات عريضة لا تتأثر بالهواء

واما برانس العساكر والثياب الخفيفة التي يلبسها الراقصون في الالعب وكذا ما يلبس في محال الرقص فانها تكون بخلاف ذلك بحيث يكون تفصيلها ضيقا على قدر الامكان ثم ان الملابس التي تستعمل لجرد الزينة ينبغي ان تتخذ من الاقشة اللينة الخفيفة التي تضطرب كالامواج لتكون بها الاجسام وحركاتها المختلطة على غاية من اللطافة والظرافة وتظهر بها الهيئة على حقيقتها

وعلى ذلك ينبغي ان يكون كل من انتخاب الاقشة وتفصيل الملابس جارا على حسب ما يتعلق بعمليات الفنون المستظرفة من الاعتبار والملاحظات التي لها دخل في تنظيم الجمعية وتحسينها بخلاف ما اذا نظرنا لراحة الانسان في الابس وسعة الملبوس وصحة الابس فان كلا من الانتخاب والتفصيل المذكورين يكون على حسب ما يتعلق بالجمعية من المصالح الحقيقية واما اذا نظرنا الى الصناعة فان الميكانيكة والهندسة هما اللذان يعرف بهما مقادير الصور واصنافها وكذلك وسائل الصناعة والتفصيل والتزيين الذي هو اتم ملائمة من غيره لان يستخرج بواسطة انحناء السطوح المستوية اصالة واجتماعها الاشكال المتنوعة الظريفة التي تكون في الملابس والجوخ عند امة تقدمت عندها الفنون المستظرفة تقدمت كثيرا

وترجع الى ما كنا بصده في شأن السطوح المنتشرة ونذكر عمليات جديدة

مهمة العمليات المتقدمة بعد ان نتكلم على قواعد تقاطع السطوح
والمماسات وينبغي ان نتكلم الآن على السطوح المعوجة اى مضاعفة الانحناء
فنقول

(بيان السطوح المعوجة اى مضاعفة الانحناء)

السطوح المعوجة هي المادئة من خطوط مستقيمة متتالية لا ينشأ عنها
اوجه صغيرة مستوية

ولاجل تصور الواجهة الصغيرة المعوجة تخيل سلما في شكل ٩ و ١٠
يكون ضلعا غير موضوعين على مستو واحد ثم نضع هذا السلم على الارض
بحيث يكون اضعايه استقامة افقية وان لم يكونا في مستو واحد منتصب
وبواسطة شكل ٩ يظهر مسقطه المنتصب وبشكل ١٠ يتبين

مسقطه الافقي وذلك ان ضلعي اب و ثد (شكل ٩) يتقاطعان
في نقطة واحدة مثل هـ و هـ فاذا حددنا خطا منتصبا من النقطة

المذكورة فانه يمر كما في (شكل ١٠) بنقطة هـ على ثد
وبنقطة هـ على اب ولنبدأ الآن من قطبي هـ و هـ بقسمة

مسندى اب و ثد المذكورين الى اجزاء متساوية بنقط ١
و ٢ و ٣ و ٤ الخ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ ثم نمد خطوط
١ ١ و ٢ ٢ و ٣ ٣ و ٤ ٤ و ٥ ٥ الخ فيحدث معنا سلم

معوج

ثم ان اجنحة طواحين الهواء من قبيل السلالم المركبة من اضلاع مستطيلة
متباعدة عن بعضها ومن اخشاب عمودية على احدها هذه الاضلاع

وكذلك سلم الصواري (المسمى بالبواقنكو) فهو من قبيل السلالم المعوجة
غير انه ينقص عنها ضلعا واحدا

ويمكن ان يعتبر ان هذه السطوح المعوجة مركبة من اوجه معوجة ضيقة
جدا مشابهة للسلم الذي اسلفنا الكلام عليه ويطلق على الاضلاع التي تبين

هذه الواجهة الصغيرة اسم الاضلاع المشتركة

(بيان اجراء العملية في عمارة السفن)

لاجل تطبيق قارين السفن نصنع سطوحا منتشرة من الواح اى كتل مستوية كما يتنا ذلك (شكل ٦) ولاجل صناعة بعض اجزاء من السفينة مخفية كالأجزاء التي عندها قدمها ومؤخرها لا يمكن ان نستخرج من الألواح العريضة جدا الاجوانب قصيرة جدا اذا كان المطلوب بقا رسمها الملايم لبعض السطوح المنتشرة على وجه الصحة والضبط واذا تأملت صورة الجانب المينة في (شكل ١٢) علمت انه يضيع في عمله كثير من الاخشاب حتى يستخرج من الشكل المستطيل رسمه الخفى المرموز اليه بهذه الارقام وهى ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ الخ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ الخ فاذا فرضنا الآن ان المحيط ا س د ه و ز ح انحناء خفيفا ومنظما (شكل ١١) نحصل معنا حينئذ صورة يمكن وضعها بتمامها على جانب يكون اقل في العرض من صورة شكل ١٢ الا انه اذا اريد طي جانب متصل كما في (شكل ١١) فانه لا يملأ على وجه الضبط المحل الذى عين له على قارين السفينة فينبغى اذن بواسطة طرق ميكانيكية أن نجعل هذا الوضع بحيث يملأ المحل المذكور وهذه العملية يكاد السطح المنتشر يكون معوجا دائما

وفي اجزاء السفينة التي يكون فيها انحناء القارين ج س ي ل ا ي م يمكن أن نستعمل جوانب مثنوية بدون ان تفسد بنفس هذا الانحناء

(بيان عمل الاخشاب المثنوية)

اذا اريد صناعة قطعة من الخشب عظيمة الانحناء وتطبيقها السفلى محيط ا ب ث (شكل ١٣) على مضلع لسفينة فانتا ناخذ مسطرة ثابتة على صورة خط مستقيم مثل د ه ونرسم بواسطتها مستويا يبين على مضلع السفينة نقط م و ن و ه الثلاثة التي هي من ا ب ث

ونخذ من تلك النقط المذكورة خطوط $م ١$ و $م ٢$ و $م ٣$ الخ المستقيمة اعمدة على $د$ ثم تقيس طولها وبعد تمام ذلك نأخذ المسطرة المثلثية المتحركة ونضع ضلعها الاول على استقامة $م ١$ والضلع الثاني على امتداد سطح القارين فيصير الضلعان المذكوران في مستو عمودي على $د م$ و وتجري هذه العملية ايضا في النقطتين الاخرين وهما $د$ و $ص$ من منحني $م د$ و الخ فيحدث من اوضاع الضلع الثاني من المسطرة المثلثية المتحركة سطح معوج يكون وجهه اذ اخليا للخشبة المطلوب عملها وبصنع وجهها الخارجي ايضا بعمل سطح ثان معوج تكون المسافة بينهما وبين السطح الاول واحدة من سائر الجهات ليكون سطح الخشبة واحدا واما الوجه الضيق الذي ينبغي وضعه على $أ ب ث$ فان عمله يكون ايضا بواسطة المسطرة المثلثية المتحركة فيشاهد اذن زاوية حادثة من الضلع الثاني الموضوع بالتموال في $م د$ و $و$ على سطح القارين ومن وجه التحام جانب $أ ب ث$ المفروض من قبل ذلك وبعد تمام هذا العمل لا يبقى علينا الا نقل هذه القطع في الحال التي تناسبها

واذا اريد صناعة سفينة فالتا ابتداء كما تقدم بعمل قطع مزدوجة من الخشب بان نعشقها مثنى ونضعها على صورة مستويات منتصبة متوازية كما في (شكل ١٤) ثم نلصق هذه القطع المزدوجة في آن واحد بواسطة قطع من الخشب متينة تسمى بالزنابير تكون متجهة على امتداد ضلعي القارين او حافتيه وتكون النخبات التي تعقبها مستوية ومرسومة قبل ذلك في محل الارانيك او القواب واما اجزاء السفينة التي يكون انحناءها قليلا بالنظر الى الطول فانه يكفي ان تصنع من مناشير مستطيلة مربعة الزوايا تريعا مناسبا ثم تثنى هذه المناشير بحيث تتلاقى في النقط المعينة على محيط المزدوجات المختلفة فاذا كان الجزء الاصغر من القارين الذي فيه وجه الزنار الذي ينطبق على القارين سطحا منتشرا على شكل منطقة قاعمة فان

الزئار يسهل ثنيه على هذا القارين عرضا وطولا وإذا كان الجزء الأصغر من هذا القارين المغطى بوجه الزئار الذي ينبغي أن يكون متعادله سطحاً معوجاً لم يحصل بينهما الاتحاد التام فيجب مزيد الاعتناء وبذل الهمة السكينة في تطبيق الزئار مع الدقة على مضع السفينة تطبيقاً صحيحاً بشرط أن يكون هذا التطبيق بموجب المحيط الذي فرضه المهندس في رسم السفينة ولا يمكن استعمال هذه الطريقة في الأجزاء المنحنية من القارين بل يجبر الإنسان على مراجعة الطريقة الآتية

وهي إذا كان أ ب ث (شكل ١٤) جزءاً من مستوى الزئار فأتينا نعين هذا المستوى بخطين يمزاحدهما بالقارين على امتداد أ ب ث والآخر وهو د ه يصير خارج القارين بعيداً مناسباً ثم تقس بالمسطرة المثلثية المتحركة الزاوية الحادثة من هذا المستوى وسطح القارين في كل من نقط أ و ب و ث على المزدوجات المختلفة

وبعد أن نضع قالب منحني أ ب ث على قطعة الخشب (شكل ١٥) التي يفصل منها الزئار نرسم أ ب ث ونقطع القطعة المذكورة بان نضع أمام كل من نقط أ و ب و ث الخ حروزاً تدخل فيها المسطرة المثلثية المتحركة فنعين الزاوية المرفوعة على السفينة مع الضبط والكمال ثم نجعل الخشب بين الحروز بحيث يحدد سطحاً منتشراً معوجاً ونعين في داخل هذا السطح نقط أ و ب و ث المتساوية البعد من أ ب ث ثم نعين كذلك نقط أ و ب و ث المتساعدة من أ ب ث بقدر عرض الزئار فيحصل بهذه الطريقة أولاً وجه أ ب ث المنطبق على المزدوجات ثم نقطع الوجه الأعلا والأسفل بكيفية عمودية على وجه أ ب ث ونجعل لهذين الوجهين عرضاً لا يتغير من سائر الجهات ثم نقطع الوجه الرابع عمودياً على الوجه الثاني والثالث ثم نعمل هذه القطعة

وكذلك كيفية شغل العيذان التي سبق ذكرها يكون على غاية من السهولة
اذا كان اجرائه على منوال نموذج في المدن التي على شاطئ البحر بخلاف
غيرها من المدن التي ليست كذلك فانه يمكن التسهيل في ذلك عند تفسير
توضيحه

وقد يستعمل في العمارات المدنية السطوح المعوجة لاجل قطع اجزاء عقد
بعض القبوات والسلام

ومن المعلوم ان درج السلام ينبغي ان تكون مستوية واقعية في الجزء الذي
يستر عليه قدم الانسان الصاعد او الهابط ويكون محيطها مرسوما بواسطة

ا ب ث ف ه و د ه ف ع ش الخ كما في (شكل ١٦)

الذي يشاهد فيه التحامات **ب ث و ه ف و ع ش الخ**
التي بواسطتها تكون كل درجة مستندة على الدرجة التي تحتها ومستندة
لدرجة التي فوقها وفي السلام المتوازية الدرج تكون التحامات **ب ث**

و ه ف و ع ش الخ موازية لبعضها ومستوية وتتكون
صورتها كالاشكال المتوازية الاضلاع

ولكن اذا كان اتجاه السلم مضمنا بحيث يطلق عليه اسم الدوران كانت مسألة
الدرج من المشكلات التي يصعب حلها حيث يشاهد من مبدء الامر
(شكل ١٧) ان عرض الدرج مختلف في كل نقطة من نقطه وذلك لانها
تكون ضيقة جدا من جهة **و** التي هي عقدة السلم وتوسع في العرض كلما

برزت وبناء على ذلك يكون التمدار السلم المقاس بخط **ع ف ث**
(شكل ١٢) الاسفل مستحسنا كلما كان بعيدا عن محور السلم فاذن يدنو

التحام الدرج وهو **ف** العمودى دائما على **ع ف ث** من المنتصب
عندما يقرب من ظاهر السلم ويدنو من الافق عندما يقرب من عقدة السلم

ثم ان توالى اعمدة **ه ف** على الضلع الداخل وهو **ه** يتولد عنه رسم

سلم معوج مشابه للسلم الذى فى شكل ٩ و ١٠ فاذن يكون
التحام الدرجتين المتواليتين وهو **هـ** **ف** سطحاً معوجاً فاذا قطعنا جميع
الاجزاء المستوية من الدرجة بموجب القواعد الهندسية السهلة لم يبق علينا
الارسم وجه الالتحام وهو **هـ** **ف**

ولاجل ذلك نقسم طول كل درجة الى اجزاء متساوية ثم نمد من نقط القسم
التي هى ١ و ٢ و ٣ الخ المعينة على الضلع الداخلى وهو **هـ**
(شكل ١٧) مستقيماً ١ و ١ و ٢ و ٢ و ٣ و ٣ الخ
اعداً على هذا الضلع ومتصلة بالضلع الداخلى وهو **و ب** بدون
واسطة

ويتبين لنا من (شكل ١٨) ارتفاع درجة **هـ ب** العمودية على
و هـ ومن ثم تكون ١٥ و ٢٥ و ٣٥ الخ دالة على ١ و ١
و ٢ و ٢ و ٣ و ٣ من (شكل ١٧)

واذا مددنا في (شكل ١٨) ١٥ و ٢٥ و ٣٥ الخ عمودية على
١٥ و ٢٥ و ٣٥ الخ فان هذه الخطوط ترسم اتجاه وجه التحام الدرجتين اللتين
فى **و هـ** بالنظر للنقط المتقابلة وهى ١ و ٢ و ٣ الخ فيكنى اذن أن
نرسم بواسطة المسطرة المثلثية التحركة زوايا **آ هـ ١** و **آ هـ ٢** و **آ هـ ٣** كى
يوجد فى كل من نقط ١ و ٢ و ٣ انحناء وجه التحام **هـ ف**
(شكل ١٦) من الدرج المتجاور

وتصير هذه العمليات واضحة وضوحاً تاماً اذا بينا المعلوم بموجب ارايك من
الخشب ارا الجص

ثم ان السلام المعتبرة كالسطح المتصل ولومن جهة سطحها الاسفل تكون من
قبيل السطوح الخزونية التى لها منفعة عظيمة فى الفنون (راجع الدرس
الثانى عشر)

(الدرس الحادى عشر)

* (في بيان سطوح الدوران) *

حيث فرغنا من الكلام على السطوح المستوية ويجب أن نشرع في ذكر
سطوح الدوران فنقول انها سهلة التركيب وتستعمل كثيرا في الفنون
وخواصها تستعمل دائما في علم الميكانيكة وتحدد الظواهر الطبيعية نصب
اعيننا على الدوام

فاذا فرضنا خطا منحنيا مثل أ ب ث (شكل ١) وادرناه حول
محور أ ث فان السطح المتولد منه يسمى سطح الدوران ويطلق على
الحركة التي تؤثر في الخط المنحني اسم الحركة المستديرة او حركة الدوران وبالجمله
فهي كانت تلك الحركة تامه بان كان مقدارها ٣٦٠ درجة فانها تسمى
دورا

ثم ان كلا من نقط ب و ب و ب الخ يرسم في هذه الحركة دائرة
وتكون جميع مستويات هذه الدوائر وهي ب ب و ب ب و ب ب
الخ متوازية وعمودية على محور أ ث الذي عليه مراكزها وهي
و و و و الخ وقد تقدم لنا ذكر هذه الخواص المختلفة في الدرس
السادس

وليس بلازم ان يكون منحنى أ ب ب ب ث مستويا حتى يحدث عنه
سطح دوران عند ادارته حول أ ث وذلك انه اذا مده من جميع نقط الخط
المنحني وهي ب ب ب ب و ب ب الخ عمود ب و و ب و
و ب و على محور أ ث فان طول هذه الاعمدة وبعدها لا يختلفان
اذا كان مدها في مستوا واحد ويحدث عن نهاياتها وهي ب و ب
و ب الخ منحن مستوي يرسم عند ادارته حول المحور سطح دوران من
جنس ذلك المنحنى

وهذا المخطط المستوي الذي يحدث بإدارته حول محور $\overline{أ ب}$ سطح الدوران يسمى دائرة نصفها هذا السطح ومن هنا سميت دائرة $\overline{ب ب'}$ و $\overline{ب ب'}$ الخ التي سطوحها عمودية على المحور وموازية لبعضها دوائر متوازية أو متوازيات فقط

وبقدر ما يمكن رسمه من الأشكال المتنوعة بواسطة خطوط مستقيمة أو دوائر أو منحنيات أخرى أو اجتماع هذه الخطوط يمكن أن نصنع عدة أجناس مختلفة من سطوح الدوران يظهر منها أنواع متميزة تميزا تاما على حسب وضع المحور بالنسبة لخط التولد

ولنبين على التوالي سطوح الدوران السهلة المهمة في الصناعة فنقول

* (بيان سطوح الدوران المتولدة) *

* (من حركة خط مستقيم) *

إذا كان خط التولد عمودا على المحور فإنه يرسم عند إدارته حول المحور المذكور مستويا وقد ينشأ في الدرس السادس الطرق المتنوعة التي تحدثها هذه الخاصية في القانون لأجل صناعة سطوح مستوية

وإذا كان خط التولد المذكور موازيا للمحور $\overline{و و'}$ (شكل ٢) فإنه يرسم أسطوانة مستديرة وهي التي سبق ذكرها وخاصيتها وتطبيقها على الصناعة في الدرس الثامن

وإذا كان الخط المذكور مارا بنقطة من محور $\overline{و و'}$ (شكل ٣) ومائلا بالنسبة لهذا المحور فإنه يرسم مخروطا مستديرا قد ذكرنا خاصته وتطبيقه على الصناعة في الدرس التاسع

وإذا لم يكن ذلك الخط موازيا للمحور وكان بالنسبة لهذا المحور كضلع من سلم معوج موضوع جهة الضلع الآخر فإن الخط المذكور يرسم سطح دوران (شكل ٤) يكون انحناءه مختلفا في الاتجاه

وإذا لم يمر خط $\overline{أ ب}$ المستقيم بمحور $\overline{و و'}$ أمكن أن نقدر خطا ثانيا مثل $\overline{أ ب}$ موضوعا بالتماثل لمستوى $\overline{و و'}$ المار بهذا المحور ويتقاطع

المستقيمان بالضرورة في نقطة $\overline{ح}$ الموضوع على مستوى التماس وإذا
 ادرانا مستقيبي $\overline{أب}$ و $\overline{أر}$ بحركة متساوية حول المحور ليقربا
 أو يبعدا مع التساوي عن مستوى $\overline{وو}$ فإن ذلك المستوى يكون دائماً
 مستوى تماسا وهو يتقاطعان دائماً في نقطة واحدة موضوعة على المستوى
 المذكور وتدير حول المحور مستوى التماس وخطي $\overline{أب}$ و $\overline{أر}$
 المستقيمان فإذا كان الخطان المستقيمان منتظمين بحيث يتقاطعان دائماً على
 مستوى $\overline{وو}$ فإنه يحدث عن نقط تقاطعهما خط منحني وهو دائرة نصف
 نهار سطح الدوران المتولد من مستقيبي $\overline{أب}$ و $\overline{أر}$ ويتولد أيضاً
 من الخطين المستقيمين المذكورين عند ادارتهما حول $\overline{دو}$ السطح
 المذكور وشكل \mathcal{E} يبين حالتي المستقيمين اللذين يحدث عنهما هذا
 السطح ويعرف التلامذة هاتين الحالتين حق المعرفة إذا بين لهم المعلمون ذلك
 على أن يزيل بدائرتين من القوى متصلتين بمحور وبخطوط متساوية الميل في
 جهتين متقابلتين

(بيان المقرض)

قد صنع العلم قرى وهو من قدماء المهندسين مقرضا عظيما له نصبتان
 مستقيمتان أحدهما ثابتة وهي $\overline{أب}$ (شكل \mathcal{E}) والآخرى وهي $\overline{أر}$
 دائرة حول محور $\overline{وو}$ وهي دائماً مماسة في دورانها للدائرة وتقطع ما بينهما
 من الاجسام

(بيان محلات الغزل)

هذه المحلات منها ما هو مصنوع من قضيبين مثل $\overline{أب}$ و $\overline{أر}$ دائرتين
 حول محور $\overline{وو}$ وهذه المحلة إذا ذل الغزل على وسطها لا يمكن سقوطه عنها
 وإذا اردنا أن نخلع عنها مقدار ذراع من الغزل الملفوف على وسطها فالتأقرب
 القضيبين من المحور بطريق ميكانيكية سهلة

(بيان الكرة)

يكفى لعمل هذا السطح تدوير دائرة $\overline{أم ب ن}$ (شكل ٥) حول قطر من اقطارها مثل $\overline{أ ب}$ وحيث ان جميع نقط محيط دائرة نصف النهار التي هي $\overline{أم ب ن}$ متساوية البعد من مركز $\overline{و}$ فكذلك تكون على بعد واحد من هذه النقطة التي هي المركز اذا ادركنا تلك الدائرة حول محور $\overline{أ و ب}$ فاذن تكون جميع نقط سطح الكرة على بعد واحد من مركز $\overline{و}$ الذي هو مركز الكرة المذكورة

وكل نقطة موضوعة في مستوى دائرة نصف النهار هي $\overline{أم ب ن}$ سواء كانت في خارجها او داخلها تكون بالنسبة لمركز $\overline{و}$ اقرب او ابعد من نقط محيط $\overline{أم ب ن}$ فاذن تكون كل نقطة من الفراغ الموجود في مستوى دائرة نصف النهار بعيدة عن مركز الكرة اذا كانت في خارج الدائرة وقريبة منه اذا كانت في داخلها

وحيث ان تكون جميع نقط سطح الكرة على بعد واحد من المركز واما ما عداها من النقط فلا يكون على هذا البعد منه

واعلم ان كل مستو مر بمركز الكرة يقطعها في خط منحن تكون جميع نقطه على بعد واحد من المركز المذكور بمقدار يساوى نصف قطر الكرة ويكون هذا المنحنى دائرة فاذا ادركنا هذه الدوائر المختلفة على كل واحد من اقطارها حدثت اكر متحدة المركز ونصف القطر فاذن تكون كلها بمنزلة كرة واحدة

وكل وتر مثل $\overline{م د}$ من دائرة $\overline{أم ب ن}$ (شكل ٥) يكون اصغر من قطر $\overline{م ن}$ ويزداد صغره كلما بعد عن مركز الكرة لكن اذا دارت

الدوائر حول محور $\overline{أ و ب}$ العمودى على وتر $\overline{م د}$ فان نصف وتر $\overline{م د}$ يرسم مستويا وترسم نهايته محيطا يكون موضوعا بتمامه على الكرة المذكورة فاذن ينتج اولان كل قطع مثل $\overline{م د}$ حادث عن مستوى الكرة يكون دائرة وثانيا ان الدوائر المرسومة على الكرة تكون اصغر من الدوائر التي يكون

مركزها في مركز الكرة ومن هنا سميت الدوائر الكبرى والاعظمى من الكرة
وثالثا ان الدوائر الصغرى تصغر بقدر بعد مركزها عن مركز الكرة

*** (بيان الطرق المستعملة في رسم الكرة) ***

يمكن ان نعين (شكل ٩) على محور المخروطة الذي هو ا ب الجسم
المطلوب خطه على صورة كرة ثم نعين على اى بعد من هذا المحور نصف دائرة

ا ط - التي قطرها ا ب = ا ب وموازله فاذا اخذنا آلة قاطعة

تبرز بقدر ط م المساوي لما بين ا ب و ا ب من البعد ووجهناها

بالتوازي على امتداد ا ط - فان سنها الذي هو م يرسم دائرة نصف

النهار التي هي ا م ب فان اذا وجهنا المخروطة فان هذه الدائرة
ترسم كرة

ويمكن ايضا ان نضع هذه الالة القاطعة بحيث يترحل ساقها وهو ط على طول

دائرة ا ط - التي مركزها هو عين مركز دائرة نصف النهار وتكون متجهة

دائما نحو و التي هي مركز دائرة ا م ب و ا ط - فمن الواضح ان

ان كلام ط م و ط م يدل على تفاضل انصاف اقطار الدائرتين

المذكورتين حين يقطع ط دائرة ا ط - وينبغي ان يكون دائما م

مستقرا على دائرة نصف النهار وبذلك يكتسب الالة على سطح الكرة مع

النبات

ويمكن صناعة اكر بواحدة الصب وبذلك تصنع كال المدفع التي هي اكر ممثلة

ولاجل صناعة الجب والابوس التي هي اكر مجوفة ينبغي صناعة قالب تكون

صورة اجزائه مخططة (شكل ٨) ودالة على كرتين احدهما ممثلة مثل ا

والاخرى مجوفة وهي ب ب ب وبين هاتين الكرتين نصب الجب

والابوس فيرى من ذلك ان هذه العملية منوطة بصورتين احدهما ينبغي

ان يكون بلزمي ا و ب ب ب ب شكل كروي تام الثانية ينبغي

أن يكون مركزهما موضوعين في نقطة واحدة ثم نصقل بواسطة المخروطية سطح
السبل على وجه كروي

ولنخذ في دائرة AM م (شكل ٩) وتر MM ونصف قطر
و OA عمودا على هذا الوتر فإذا ادركنا شكل AM وحول محور AOB
نحصل معنا ثلاث حالات الاولى انه يتولد من قوس الدائرة الذي هو
 AM طيلسان كروي الثانية انه يتولد عن قطعة الدائرة وهي MA قطعة
كروية الثالثة انه يتولد عن قطاع الدائرة الذي هو OM قطاع
كروي

وينبغي ان نفل ما كثر استعماله من تلك المسائل في الشئون فنقول
ما سطح الطيلسان الكروي الذي هو MA م (شكل ٩) وما سطح الكرة
التامة وما حجم قطعة الكرة وقطاعها وما حجم الكرة التامة
ولاجل بيان سطح طيلسان MA م (شكل ٩) ففرض اننا نبذل
 MA م الذي هو قوس دائرة نصف نهار الكرة بكثير الاضلاع الذي لانهاية
لعدد اضلاعه مثل M و MA م الخ ثم ندير هذا المضلع حول محور
الطيلسان وهو AOB فيحدث عن كل جزء من الخط المستقيم وهو M
و MA م الخ مخروط ناقص يكون محوره AOB ويكون بين السطح
الكلي لهذه المخاريط الناقصة و سطح طيلسان MA م الكروي مخالفة
قليلة بقدر ما يوجد من الاضلاع في مضلع M و MA م الخ فحينئذ يكون
سطح المخروط الناقص القائم الذي هو M و MA م مساويا لمجموع محيط
القاعدتين مضروبا في نصف ضلع M م اعني ان سطح المخروط
الناقص الذي هو M و MA م = (محيط M م + محيط MA م)

وان سطح المخروط الناقص الذي هو M و MA م = (محيط MA م +
محيط M م) $\frac{1}{2}$ و هكذا

فإذا مددنا M م موازيا للمحور فان المثلث القائم الزاوية الذي هو

م هـ شـ يكون مشابها للمثلث القائم الزاوية الذي هو و ع الحادث
عن و ع العمودي على وتر م هـ وعن ع العمودي على محور
او ثم على هـ شـ وعن و ع العمودي على م شـ

فاذن يكون المثلثان متشابهين وينتج معنا هذا التناسب وهو هـ شـ
: م هـ :: ع ع : و ع :: المحيط الذي نصف قطره ع ع او الذي
قطره ع ع الى المحيط الذي نصف قطره ع و او الذي قطره ا ب
وذالك اذا فرضنا ان عدد اضلاع المضلع كثيرة بحيث لا يوجد تفاضل ظاهر
بين و ع و و م = و ا الذي هو نصف قطر الكرة فينتج اذن ان
م هـ x محيط ع ع = هـ شـ x محيط ا ب ولكن ع ع
= $\frac{1}{2} (م م + ع ع)$ فاذن ينتج ان م هـ x $\frac{1}{2}$ (محيط م م
+ محيط ع ع) = هـ شـ x محيط ا ب

والحد الاول من تلك المساواة هو سطح المخروط الناقص الذي هو م م هـ
والحد الثاني هو محيط دائرة نصف النهار مضروباً في هـ شـ الذي هو
ارتفاع المخروط الناقص

فاذن متى كان كثير الاضلاع الذي هو م هـ ح الخ متكوناً من عدة اضلاع
صغيرة جداً فان السطح المتولد منه يكون مساوياً لمحيط دائرة خط نصف
الكرة مضروباً في مجموع ارتفاعات هـ شـ و ع شـ الخ من المخاريط
الناقصة المتولدة من دوران اضلاع المضلع فاذن ينتج

اولاً ان سطح الطيلسان الكروي وهو م ا م يكون مساوياً لمحيط الدائرة
الكبرى مضروباً في سهم الطيلسان وهو ا و

ثانياً ان سطح الكرة يكون مساوياً لمحيط دائرة نصفها الكبرى مضروباً في قطر
هذه الدائرة

لكن حيث كان سطح دائرة ا م ب م الكبرى يساوي المحيط مضروباً
في نصف نصف القطر اي ربعه كان سطح الكرة مساوياً لسطح الدائرة
الكبرى او دائرة نصف النهار اربع مرات واذا علم انه لاجل تقطيعه دائرة

أ م ب م أ من جميع جهاتها (شكل ٩) يلزم مقدار ما أو سطح من
الرسم أو من مفايح النحاس أو الحديد أو الرصاص أو غير ذلك ويستنتج منه أنه يلزم
مقدار يساوي أربعة أمثال المقدار المذكور من أدوات الرسم أو من
الصفايح المعدنية لتغطية الكرة بتمامها التي دائرة نصف نهارها هي الدائرة
المتقدمة وكذلك يغطي نصف الكرة التي قاعدتها الدائرة المتقدمة بمقدار على
النصف من المقدار السابق

(بيان مساحة حجم الكرة وقطوعها)

إذا اعتبرنا أن سطح الكرة مركب من أوجه صغيرة جدا كثيرة العدد يمكن أن
نعتبر أن كلامنا هذه الأوجه مستوي يكون قاعدة الهرم رأسه في مركز الكرة
فيكون مجموع هذه الأهرام هو عين حجم الكرة وحيث أن حجم كل هرم يساوي
سطح قاعدته مضروبا في ثلث ارتفاعه الذي هو هنا ثلث نصف القطر فإن حجم
الكرة التام يكون مساويا لمجموع الأوجه الصغيرة التي جعلت عوضا
عن سطحها مضروبا في ثلث نصف القطر وعلى ذلك يكون قياس حجم الكرة
مساويا بالسطح مضروبا في ثلث نصف قطرها أو يساوي أربع مرات سطح
دائرتها الكبرى مضروبا في ثلث نصف القطر

وسبأني أن حجم قطاع الكرة وهو $و م أ م و$ (شكل ٩) يكون مساويا
لحاصل ضرب سطح طيلسان $م أ م$ في ثلث نصف قطر الكرة فإذا طرحنا
من هذا الحاصل حجم مخروط $م و م$ نحصل معنا حجم القطعة الكروية
وهي $م أ م = \frac{1}{3} \times \text{محيط } أ م ب م \times أ و - \frac{1}{3} \times \text{محيط } م م و \times و م و$

ثم إن الطريقة التي نستخرج بواسطتها الكرة تفيدنا في شأن هذا السطح طريقة
تركيب تستعمل بكثرة في الفنون فإذا لزم تغطية قبة كروية بصفايح مستوية
من المعادن أو من أي مادة كانت تقسم تلك القبة بعدة مستويات متوازية
إلى مناطق أو قطع مستديرة مثل $م م و و و و ح ح الخ$
(شكل ٩) ونفرض أنها مخروطية فتكون قابلة لثلاث أوها هي الطريقة

التي يرسم بواسطتها المخروط الناقص الذي هو $\overline{م م} \overline{د د}$ المنتشر
وهي أن $\overline{م م} \overline{د د}$ و $\overline{م م} \overline{د د}$ (شكل ٩) حتى يتلاقيا في نقطة $\overline{ض}$ التي
هي رأس المخروط الذي مخروط $\overline{م م} \overline{د د}$ جزء منه فإذا نشرنا هذا المخروط
لجميع تقط كل قاعدة مثل $\overline{م م}$ و $\overline{د د}$ التي هي على بعد واحد من
رأس $\overline{ض}$ (شكل ٩) تنتشر على حسب قوسى الدائرة وهما $\overline{م م}$
و $\overline{ن ن}$ (شكل ٩ مكرر) اللذان مركزهما واحد وهي
نقطة $\overline{ض}$

وينتج (شكل ٩ و ٩ مكرر) ان محيط $\overline{م م} =$ قوس $\overline{م م} \overline{ك م}$
ومحيط $\overline{د د} =$ قوس $\overline{ن ن} \overline{ل ن}$ وإذا كان المطلوب معرفة مقدار
زاوية $\overline{م ض م}$ نقول ان قوس $\overline{م م} \overline{ك م}$ يساوى المحيط الذي
نصف قطره $\overline{م}$ و غيران نسبة المحيط الى المحيط الذي نصف قطره $\overline{ض م}$
:: $\overline{م د} : \overline{ض م}$ فاذن يكون المحيط الذي نصف قطره $\overline{م}$ و
 $= \overline{م م} \overline{ك م} =$ المحيط الذي نصف قطره $\overline{ض م} \times \frac{٢}{١}$
 $\overline{ض م}$

حينئذ قوس $\overline{م م} \overline{ك م}$ هو كتابة عن $\overline{ض م} \times \frac{٢}{١}$ من
المحيط الذي نصف قطره $\overline{ض م}$ وتكنى عملينا الضرب والقسمة في تحصيل
عدد درجات زاوية $\overline{م ض م}$ وبذلك تحصل هي نفسها ومنى عرفنا هذا
العدد فالتا نرسم مع $\overline{ض م} =$ $\overline{ض م} \overline{ن ن} =$ $\overline{ض م} \overline{د د}$
التي هي انصاف اقطار قوسى $\overline{م م} \overline{ك م}$ و $\overline{ن ن} \overline{ل ن}$ (شكل ٩
مكرر) فيتحصل حينئذ منطقة $\overline{م م} \overline{ن ن} \overline{ل ن}$ التي عند
اثنائها الطبيعي الحاصل باتصال طرفى $\overline{م ن}$ و $\overline{م ن}$ يحدث المخروط

الناقص الذي هو م م م م (شكل ٩)

وقد يصنع السمكري اوصانع المقوى بواسطة صفايح من المعدن او من المقوى
مجزأة الى مناطق مستديرة ملتصمة او ملصوقة بالغراسطوحا تكون مغايرة
للكرة على حسب ضيق مناطق تلك الكرة وكثرتها وينفعهما في ذلك الطريقة
السابقة غاية النفع ويستعملها في الغالب البنائون والنجارون
وبعد أن ينشأ طريقة صناعة السطح الكروي بخاريط لازم ان ينين طريقة
صناعته باسطوانات فنقول

لتفرض اننا نمر من محور الكرة الذي هو **اوب** بعدة دوائر مستوية من
دوائر انصاف النهار (شكل ١٠) بحيث تقسم الفراغ الموجود حول
هذا المحور الى زوايا مستوية صغيرة جدا وتصور زيادة على ذلك بجهة
مستويات عمودية على محور الكرة فتكون موازية لبعضها فتقطع اولا
الكرة الى دوائر متوازية وثانيا تقطع دوائر انصاف النهار الى عدة نقاط
تكون على بعد واحد من بعضها فوق هذه الدوائر فتكون تلك النقاط رؤسا
للاشكال المضاعفة المنتظمة المتشابهة التي اضلاعها المتقابلة متوازية لجميع
الاضلاع المتوازية المتحددة الاتجاه يحدث عنها اسطوانة تم اضلاعها دفعة
واحدة بدوائر تقري نصف النهار المتواليين فينتج من ذلك عدة مناطق اسطوانية
متشابهة من حيث سطحها لثمنق قارونة مضاعة وكلما كثرت اضلاع المناطق
المذكورة قرب السطح الحادث عنهما من سطح الكرة

(بيان اجراء العملية)

قد يجمع على هذا المتوال بواسطة شقق اسطوانية لاجل صناعة اكر او قطع كرة
الحريير الصمغ والجلد والمقوى والحريير الخالص والورق والقز وما اشبه ذلك
مما يستعمل في صناعة القصب الهوائية والمنانات الصغيرة المثلثة بالهواء
والاكر التي يلعب بها والاكر الارضية والسماوية المعدة لتعلم على الجغرافية
والهيئة ومظلة المطر والشمس ووقاية النظر التي على هيئة نصف الكرة
المستعملة لمنع ضرر ضوء المسارج وقد يكون اتجاه خطوط نصف النهار

في مظللات الشمس والمطروفي وقاية العين معينا بواسطة سلول من الحديد
وانظر هنا صورة الشكل الآتي الذي يلزم ان يكون للشق الاسطوانية التي
يحدث عن مجموعها سطح تكون التماماته او محيطه دوائر انصاف نهارة
واحدة

وتكون فيه عروض $\overline{م م} = \overline{م م}$ و $\overline{ن ن} = \overline{ن ن}$ الخ
(شكل ١٠) من احدى تلك الشق مناسبة لنصف القطر اللذين هما
 $\overline{وم}$ و $\overline{ون}$ من الدائرتين المتوازيين وذلك لان مثلثي $\overline{وم م}$
و $\overline{ون ن}$ متشابهان فعلى هذا اذا كان $\overline{وم}$ و $\overline{ون}$ هما نصفا
قطري الدائرتين المتوازيين المطابقتين لخطي $\overline{م م}$ و $\overline{ن ن}$ فحصل
معنا هذا التناسب وهو $\overline{وم} : \overline{ون} :: \overline{م م} : \overline{ن ن} :: \overline{م م}$
فاذن نعرف بغاية السهولة العروض التي تطابق النقط من كل شقة
وبذلك نعرف شكل هذه الشق

(بيان اجراء العملية في على الجغرافيا والهيئة)

اعلم ان خواص الكرة تستعمل في هذين العليين استهوا لا مفيدا
قد يكون شكل الارض في الظاهر على صورة سطح دوران لا يغير الكرة
الا قليلا

وقدمك الناس قرونا عديدة حتى عرفوا ان الارض مستديرة من جميع
جهااتها وميت كرة لان شكلها كروي ولم يعرف علماء الهيئة ان الارض مسطحة
من جهة وبارزة من جهة اخرى عمودية الا بعرفة خواص الهندسة
والميكانيكة التي ظهرت في آن واحد

وحيث رأى الجغرافيون ان سطح الارض كروي قسموا السطح المذكور
بهذه الكيفية

وهي انهم اطلقوا اسم المحور على الخط المستقيم الذي يترأى لهم ان السماء
تدور حوله دورانا تاما في ظرف اربع وعشرين ساعة واطلقوا اسم قطبي
الارض على النقطتين اللتين يمر بهما المحور المذكور من سطح الارض وسماوا

بسطوح دوائر انصاف النهار كل مامر منها بهذين القطبين وجعلوا دوائر
انصاف النهار الخطوط التي ترسمها هذه السطوح على سطح الارض وجعلوا
المتوازيات جميع الدوائر المرسومة على سطح الارض المذكورة بواسطة
مستويات متوازية وعودية على الارض

فاذا اعتبرنا ان الارض سطح دوران كان كل متوازيين على بعد واحد من
بعضها وكانت دوائر انصاف النهار هي التي تقاس بها المسافة القاصلة
للمتوازيات على السطح المذكور

وكل متوازي يمر سطحه بمركز الارض فهو اكبر المتوازيات ويسمى بخط
الاستواء لانه يقسم الكرة الى جزئين متساويين يسمى كل منهما نصف
الكرة

ونصف الكرة الشمالي هو الذي يكون فيه القطب الشمالي وعليه فتكون بلاد
فرانسا موضوعة في نصف الكرة الشمالي ونصف الكرة الاخر يسمى جنوبيا
تسمية له بامم القطب المشتمل هو عليه

فاذا فرضنا ان هناك ٣٦٠ من مستويات دوائر انصاف النهار متساوية البعد
فانها تكون مشتملة على زوايا قدر كل زاوية درجة واحدة وتقسم المتوازيات
وخط الاستواء معا الى ٣٦٠ جزءا متساوية اعني الى ٣٦٠ وهي
درجات الطول فاذا قسمنا المسافة المنحصرة بين اثنتين من دوائر انصاف النهار
المذكورة التي هي ٣٦٠ الى ٦٠ جزءا متساوية بمستويات دوائر
انصاف نهار كرة اخرى فان هذه المستويات تقسم درجات الطول الى ٦٠
جزءا متساوية وكذلك الى دقائق وغير ذلك

فاذا كانت المتوازيات متساوية البعد وكان عددها ١٨٠ فانها تقسم
دوائر انصاف النهار الى ٣٦٠ جزءا متساوية وهي درجات العرض وقد
يقسم بعض المتوازيات المتوسطة تقسيما ثانويا تلك الدرجات الى دقائق ونوان
ونوات وهم جرا

(بيان قسمة سطح الارض الى مربعات كروية ليقسرها بخطوط الاماكن) *

كما كان سطح المستوى يتقسم الى مربعات بواسطة خطوط متوازية وعمودية
 ليتبين بها وضع الاشكال المرسومة على هذا المستوى كذلك يتقسم سطح
 الكرة الى مربعات كروية بواسطة دوائر متوازية وعمودية ليستبين بها مع
 الضبط والصحة على هذا السطح وضع سائر الاماكن والخطوط الشهيرة
 كوضع المدن وبحار الانهار واتجاه سلاسل الجبال ومحيط شواطئ البحر
 ونحو ذلك

فانه متى عين في نصف الكرة ما يكون عليه وضع المكان من المتوازيات
 او دوائر انصاف النهار كان وضع ذلك المكان معينا نعيانا تاما وطريق ذلك
 ان نعد المتوازيات بواسطة درجات العرض على هذا الوجه وهو ان نبتدى من
 0° و 1° و 2° و 3° الى 90° ويكون ذلك من خط الاستواء الى
 القطب الشمالي من الجهة الاولى والى القطب الجنوبي من الجهة الثانية ونعد
 ايضا دوائر انصاف النهار بهذه الكيفية بان نبتدى في العدم من 0° و 1°
 و 2° و 3° الى 180° من درجات الطول ويكون ذلك من دائرة نصف
 النهار التي تمر برصد خانه باريس مع تعيين درجات المشرق ودرجات
 المغرب فاذا وصل الانسان الى 180° من درجات الطول كان على دائرة
 نصف نهار باريس

ومتى عرفنا بهذه الكيفية وضع اى نقطة من الكرة على احد نصفي الكرة
 كفى في الوقوف على وضعها الحقيقي الذي لا يلبس بوضع آخر ان نعرف عدد
 الدرجات الذي يدل على طولها والذي يدل على عرضها
 واقع علمية في الجغرافيا والهيتة والملاحة هي التي عرف بها وضع المدن
 الشهيرة والجهات العظيمة من الكرة بواسطة عدد الدرجات وسورها
 في الطول والعرض الدالين على وضعها وبالجملة فهذه الطريقة تستعمل
 كما رأيت في تعيين وضع اى نقطة على الكرة بواسطة عددين وهي اقرب شيها
 بالطريقة التي تستعمل في تعيين وضع اى نقطة على مستوي بواسطة
 عددين

وقد تستعمل إحدى الطريقتين في رسم سطح الأرض الكروي على خاتمة
مستوية ذات مربعات متكونة من خطوط مستقيمة

وقد يرسم بعض الخطوط المستقيمة المتوازية المتساوية البعد التي هي α و α
و α و α و α و α و α و α الخ (شكل ٢ لوحة ٥)
ودوائر انصاف النهار المنفردة على هيئة مستقيم قد رسم حيث أن الخطوط
المستقيمة المتوازية التي هي α و α و α و α و α و α الخ
الدوائر المتوازية المنفردة الممتدة لأن خط α و $\alpha = 1$ و 2
 $= 3$ و 3 وهكذا مع أن المتوازيات تصغر كلما بعدت عن خط
الاستواء

وانفرض الآن أن تقاسم α و α و α و α و α و α الخ
باعتبار التناسب إلى المتوازيات المقابلة لها وهي α و α و α و α
و α و α الخ فإذا فرضنا أن المربعات صغيرة جدا يمكن أن نعتبر أن كل
واحد من المربعات التي رسمت على الكرة مربع مستو طوله وعرضه مناسبان
للطول والعرض من المربع الممتد بالتناسب في الجهتين على الخاتمة
المستوية

فحينئذ تكون جميع الأشكال المرسومة على الكرة في الخاتمة المختصرة منقولة
على أجزاء متشابهة مستوية وعليه فتكون الأجزاء الصغيرة التي تتركب
منها الأجزاء المتشابهة متشابهة ويحدث عن خطوطها مع بعضها جلة زوايا
كما تحدثها مع المتوازيات ودوائر انصاف النهار وغير ذلك ومن هذا القبيل
ما يسمى بالخاترات البحرية

(بيان اجراء العملية في اتجاه الطرق)

(في علم الملاحة)

إذا أراد الإنسان في سياحته أن يسلك طريقا واحدة يتولد عنها مع دائرة
نصف النهار زاوية واحدة فإن تلك الطريق ترسم على الخاتمة الكروية بواسطة
خط مستقيم ممتد من النقطة التي يتبدئ منها السباح إلى النقطة التي ينتهي إليها

وبهذا الخط تعرف زاوية الطريق التي سلكها الملاح في انتقاله من محل الى آخر
سواء كان سيره في بحر كروي الشكل او سطحه ذو تعرجات وانعطافات
واذا فرضنا ان الارض كروية الشكل فانما اراد الجغرافيون بذلك انهم اجمع عدم
تساوي اجزائها المختلفة التي تظهر من سطحها تغيرا قليلا صورة سطح الكرة
بالنظر لعظم جرمها وان كان في الواقع ونفس الامر ارتفاع الجبال الشاهقة
لا يساوي جزأ من الق من قطر الكرة القريبة جدا من شكل الارض وعظم
جرمها

وقد تكون خشونة قشر النارية مثلا بارزة بالنسبة لحجمها اكثر من الجبال
الشاهقة بالنسبة لحجم الارض

ولاجل قياس ما بين تلك الاجزاء من الاختلاف مع غاية الضبط نفرض انه
من نقطة معينة من شاطئ بحر او بحيرة مثلا نرسم سطح كرة يكون مركزه عين
مركز الارض ونعين عليه دوائر انصاف النهار والمتوازيات المقابلة لدوائر
انصاف النهار الارضية

ولاجل تحديد وضع اى نقطة من الكرة يلزم تعيين ارتفاع النقطة المذكورة
من اعلا سطح الكرة المتقدمة ثم نعين عدد درجات الطول والعرض اللذين
يعرف بهما المتوازي ودائرة نصف النهار الماران بالعمود الممتد من النقطة
المرسودة الى سطح الكرة

وسنمين عند الكلام على معادلة السوائل كيفية قياس ارتفاعات النقاط
المختلفة من الكرة ونقلها الى سطح الكرة المجعولة حدا للتشبيه بواسطة الآلة
المسماة بالبارومتر ومثل هذه الاقيسة ليس مما يرغب فيه الانسان كمال
الرغبة وانما يستعملها المهندس الذي يريد رسم خلبان او طرق ليعرف بها
ارتفاعات الانخفاض والارتفاع اللذين يلزمه جوبهما عند ارادته الذهاب
من محل الى آخر وتستعمل ايضا في قسمة الكرة الى اقطار تكون ارتفاعاتها
دالة على الاقطار الحارة وعلى كثير من الخواص الطبيعية

وزيادة على ما بين الاجزاء الارضية من الاختلاف الكثير الذي يتولد منه

نعم يجب ان قليلة الامتداد او كثيره وظاهرة قليلا او كثيرا على سطح الكرة
الظاهر ترى في صورة الارض تغيرا واختلافا عاما في جميع اجزائها يبعدها
عن شكل الكرة فتراها مسطحة من جهة قطبيها ومنفتحة من جهة خط
الاستواء فاذا كان الانسان على سطح الكرة وكان في القطب فانه يكون
قريبا من مركز الارض اكثر مما اذا كان في الاقطار المتوسطة ومن باب اولي
اذا كان في خط الاستواء

ثم ان معرفة تسطح الارض مهمة جدا في الصناعة لما ان تسطحها يجعل
درجات العرض طويلة من جهة القطب وقصيرة من جهة خط الاستواء
وله تأثير عظيم في قوة الثقل التي تتقاد اليها جميع الاجسام وهذه القوة في جهة
القطب اعظم منها في جهة خط الاستواء ومن هنا البندول المنقول من القطب
الى خط الاستواء فانك ترى حركته تبطى شيئا فشيئا واذ لم يكن هناك مانع
ترى عمود الهواء الواقع على القطب اتقل من العمود الذي يقع على خط
الاستواء وينتج من ذلك تنوعات في حركة الآلات المائية والآلات البخارية
وغيرها

وسأأتى لك عند الكلام على الآلات والقوى المحركة في المجلد الثاني والثالث
بيان القاعدة التي بمقتضاها يتغير ثقل الاجسام وثقل الكرة الهوائية وسرعة
البندول في الاماكن المختلفة من الارض وبيان ما ينتج عن ذلك من النتائج
المستعملة في عدة فنون

(بيان الكرة السماوية)

نستعمل الكرة المنقسمة بواسطة المتوازيات ودوائر انصاف النهار الى
مربعات ليعرف بها وضع الكواكب في السماء كما يعرف بها ذلك على الارض
فنفرض اولان السماء كرة محورها ومركزها عين محور الارض ومركزها ونانيا
ان جميع الكواكب تكون موضوعة على سطح الكرة المذكورة
وحيث ان معظم الكواكب وهي النجوم على بعد واحد من بعضها في الكرة
السماوية كان وضعها الاصلى لا يتغير

فاذا كان هنالك نجم موضوع مع غاية الضبط على اتجاه المهور بمعنى انه قريب جدا من القطب كان بمفرده ثابتا اذا تحركت النجوم الاخرى فلذا سمى بالنجم القطبي لقربه منه ثم تراه يرسم دائرة صغيرة جدا وقد يتغير وضع جميع الكواكب بالنسبة اليها فلذا كان الفلكيون يقيسون عدد درجات الطول والعرض التي تدل على الوضع المذكور في اليوم بتمامه وفي ساعات معلومة منه فاذا عينوا في السماء عدة نقط منفردة عن بعضها تدل دلالة تامة على الطريق الذي يقطعه الكوكب فانهم يعرفون من هذه النقط بخط معين مستقيم وهو الطريق الذي يسير فيه الكوكب بتحركه الظاهري على سطح الكرة السماوية

وبعرفة هذه المنحنيات المرسومة بحركة الكواكب علم النجمون انها مسطحة وقابلة لان تكون مرسومة على مخروط قائم مستديرا و سطح دوران مخروطي وهو القطوع المخروطية فالكواكب السيارة ترسم في سيرها قطوعا ناقصة ويترآى ان ذوات الذنب ترسم قطوعا مكافئة وان الشمس تشغل نقطة احتراق هذه الخطوط المنحنية (راجع الدرس الثالث عشر)

ولهذه العمليات الهندسية مدخل عظيم في سير الكواكب فبدونها لا يمكن ايجاد خاصية التجاذب العظيمة التي تبين قوى الكواكب السيارة وحركاتها وتعمل له لم الفلك عند المتأخرين علوشان ومزيد اعتبارا كثيرا كان عليه عند المتقدمين

ولذا كانت الهندسة لا تتغير في تطبيقها على الصناعات من ادنى غماس يصنع في عالم على شكل مخروط قائم مستدير ويقطعه بالانحراف على وضع مائل اذا ارادة تطبيقه على اناة مثلا الى اعلام مهندس يحسب سير الاجسام السماوية وشكل المخاريط النظرية التي قواعد الخطوط المنحنية المقطوعة بمركز الكواكب فان الهندسة في ذلك كله واحدة وكذلك السطوح والقطوع والخطوط المنحنية المستعملة في اسهل الصنائع واعظم تطبيقات العلوم فانها ايضا واحدة لا تتغير

وقول ان الغرض الاصلى من هذه المقابلات هو تسهيل المسائل التى بدون ذلك يفزع الانسان من مطالعتها لكن يسهل عليه فهمها ان وقف على ما بينها من المشابهة وعلى كيفية اجراءهم عند جميع الناس حيث انهم تستعمل فى اشغال كثيرة مباشر عمليتها كل يوم بايدينا او تكون نصب اعيننا فلا مانع ان نقول ان ذلك هو حقيقة الهندسة التى تطبق على العلوم والفنون والحرف

واذا رصدنا مع التأمل وامعان النظر منظر السماء فى ليلة صحو رأينا الكواكب التى تزين القبة السماوية لا تمكث ثابتة بالنسبة اليها بل نراها ترتفع على التوالي كالشمس من جهة المشرق آخذة الى الجنوب وتنخفض جهة المغرب حتى تختفى الى غدر

وكل نجم يرسم فى هذه الحركة دائرية بجميع هذه الدوائر متحدة المحور وهو عين محور الارض ولذا كان يترأى لنا من منظر السماء كأن القبة السماوية لها حركة دوران حول محور الارض

وقد اعتقد كثير من الناس فى قرون عديدة ان جميع الكواكب تدور على الوجه السابق حول الارض التى هى على اعتقاد العامة ثابتة فى مركز الدنيا وبالمهندسة يظهر لنا من هذا المنظر السماوى وما يبدو فى شأنه من التخييلات

وذلك اننا نابعيدون عن الكواكب بحيث ان الاشعة النظرية الصاعدة من اماكن مختلفة من الارض الى كوكب واحد تظهر باجمعها متوازية فاذا يكون منظر السماء واحدا سواء كان الناظر على سطح الارض او فى مركزها فاذا فرضنا ان الناظر فى المركز ان السماء تدور بحركة تامة منتظمة فى ظرف اربع وعشرين ساعة حول محور الدنيا كانت الارض ثابتة واذا فرضنا ان الشمس ثابتة لزم عكس ذلك وهوان الارض تدور حول محور الدنيا وفى هذه الحركة يكون الكوكبان اللذان يترأى انهما ثابتان هما قطبا الدنيا وحيث ان بعد كل كوكب من هذين القطبين لا يتغير فان كل كوكب صاعدا كان اوهابطا بالنسبة

لاقي عدة نقط مختلفة من الارض يكون دائماً على شعاع نظري يصنع مع الشعاع الذي يتجه نحو القطب ويدل على محور الارض زاوية واحدة فاذا يترأى لسان كل كوكب يتركز على مخروط واحد مركب من الاشعة النظرية ولا تزال جميع الكواكب عند قريها من مخاريطها ثابتة على بعدها الخاص بها وعليه فيكون منظر السماء واحد الوفرضنا ان الارض ثابتة والسماء متحركة فمن ثم كانت مشابهة مناظر السماء تعرف بواسطة خاصية سهلة جداً من دوران السطوح والنقط حول محور ثابت فاذا كانت الارض ثابتة فان القبة السماوية تدور حول محور الارض وبالعكس اعني انه اذا كانت القبة السماوية ثابتة فان الارض تدور على نفسها ومتى عرفنا قواعد الحركة المستديرة رأينا ما استقر عليه رأى المهندسين في شأن السماء والارض

ولست الكرة بمفردها سطح دوران بحيث يمكن تولده بدوران دائرة حول خط مستقيم فاذا فرضنا ان محور السطح المذكور لا يمر بمركز الدائرة فانه يحدث سطح من جنس السطوح التي تسمى بالحلقات لان الحلقات التي تستعمل في الصناعة هي نوع خاص من جنس السطوح المذكورة ومن المعلوم ان سائر مستويات دوائر انصاف النهار تقطع الحلقة في دوائر متساوية كما في (شكل ١٢) وان جميع المستويات المتوازية تقطع ايضا السطح المذكور في دوائر نصف قطرها مختلف

واعلم ان الخوام التي يلبس الرجال والنساء في اصابعهم هي في الغالب سطوح مستديرة تسمى بالحلقات

ويستعمل في الفنون حلقات مثل **ا ب ث** كما في (شكل ١٣)

تمربعين **هـ د ش** من رزة **هـ د ش ف** السمرة في البلاط او في حائط ليحدث عنها حلقة ثابتة يرتبط فيها حبل

ويستعمل ايضا شكل الحلقة او جزء منها في تزيين العمارات

وقد يكون ربعان من الدائرة وهما **ا ا** و **خ خ** (شكل ١٤) الموجودان في رؤس الاعمدة وقواعدا ربعين من السطح الحلقي المتولد من

دوران دائرة حول محور العمود وتكون بسطة ب ب نصف سطح
حلقى مصنوع من دوران الدائرة حول محور العمود المذکور

ويستعمل المعمرجى ايضا السطح الحلقى لصناعة القباب ومن ذلك ما يشاهد
في العمارة الظرفية التي بسوق القمح بباريس من القبة الظرفية التي على
شكل نصف كرة مثل ا ب ث كما في (شكل ١٥) حولها سطح

حلقى جانباه مركبان من نصف كرتي ا د ه و ث ف غ
وقد تركب الاية المستديرة القديمة التي على هيئة (شكل ١٢) من اجزاء

اسطوانية مثل ا ب و ث د و ه ف و ع ش ومن اجزاء
حلقية ايضا مثل م ن و ح خ و ر ض و ط ع و س ه
وحين يضع الخجار الخرطة حول باب مقنطر مصمت ترسم الاجزاء المستديرة
من حديد قارنه سطوحا حلقية

ويكون ناقوس ا ب ث د ه (شكل ١٧) المستعمل للدق
في المعامل والكنائس والمساكن الساذجية سطح دوران مركبا من اجزاء
مخروطية ومن اجزاء حلقية

ثم ان البحارة يستعملون حلقة غير كاملة الاستدارة ويسمون بها بالقشرة
ويافعون على هذه الحلقة حبلا يكون مسكنه تجويفها الخارجى ويشد
طرفاه بحيث يمدن خروج الحلقة منهما ثم يوضع فيها حبل ثان يتحرك فيها
بدون مانع

وقد اجتمع علماء الهيئة زمانا طويلا في ظواهر زحل وخاتمه الذي يظهر مع
التدرج بجهينات مختلفة مثل آ و أ و ٣ الخ كما في (شكل ١١)
ولم يمكنهم الوقوف على حقيقة ذلك لكنهم اذا تعمروا في المعارف الهندسية
عرفوا بغاية السهولة ان خاتم زحل الذي تتغير مناظره وهى آ و أ و ٣
ويكتنف تارة كرة زحل وتارة يقطعها يكون في الحقيقة ثابت الصورة والنظم
وتكنى طريقة المساقط السهلة في ايضاح الخاتم المذکور

والسطح الحلقى الذي يستعمل في الثنون بكثرة هو الطارة فالطارات المستعملة

في البكرات هي اسطوانات مسطحة بالكلية من جهة عرضها ومجوفة من جهة محيطها على هيئة سطح حلقى متولد عن دوران قوس دائرة ويحدث ايضا عن قطع عجلات عربية مثل $\overline{م م}$ و $\overline{م م}$ و $\overline{م م}$ (شكل ١٨) سطح دوران حلقى ويكون جزء هذه العجلات الذى فى مركزها مصمتا وهو ما يسمى بقلب العجلة وهو $\overline{أ ب ث د}$ ويضم سطح الدوران المذكور بانصاف اقطار متساوية البعد عن بعضها الى الحلقة التى تصنعها القطع وتكون القطع المذكورة المترتبة من اجزاء متساوية مغطاة بجلب من الحديد يتصلب بها اطراف القطع التى هي مسطرة عليها

وهناك عجلات تكون سائر انصاف الاقطار بالنظر اليها فى مستوا واحد مثل $\overline{ر ر ر ر}$ وحينئذ تكون الجلب المتخذة من الحديد عمودية من جميع الجهات على المستوى المذكور ويحدث عنها اسطوانة

وهناك عجلات اخرى تكون انصاف اقطار $\overline{ض ض}$ و $\overline{ض ض}$ الخ بالنظر اليها متجهة كاصلاع المخروط القائم المستدير والجلب العمودية من جميع الجهات على استقامة انصاف الاقطار المذكورة يحدث عنها فى حداثتها سطح مخروط ومن هذا القبيل العجلات المخروطية

وعند ذكر الخواص الميكانيكية للعجلات نبين ما لنوعى سطوح الدوران المذكورة من المنافع والمضار لاجل نقل الاثقال

وسطح البراميل هو احد سطوح الدوران التى اشتهرت دون غيرها بساذجية تركيبها لانها مركبة من الواح رقيقة السمك تسمى دفوفاً وملصقة باضلاعها الضيقة جداً بحيث اذا طويت مع الشدة بدوائر متوازية كدوائر $\overline{أ ب}$

و $\overline{أ -}$ و $\overline{ث د}$ و $\overline{ث د}$ كما فى (شكل ١٩) وبقيت على ذلك الطى حدث عنها سطح دوران متوازياته هي عين الدوائر وجوانبه هي التحامات الدفوف

ولا لجل غلق سطوح الدوران المذكورة تصنع مستويا مستديرا من الواح اخرى رقيقة جداً تسمى بالقاع ويكون هذا المستوى مفصلا على حسب الاطراف

ومصنوعا على صورة قطع مخروطة ليدخل في حزم مستديري يسمى مدخلا
ويحفر على الوجه الداخل من الدفوف

ويجب على صانع الدفوف بعد أن يجعل لها سمكا مناسبا أن يضمها من الطرفين
بان يهد وجهها الرقيق على قارة كبيرة ثابتة يقال لها الرندج الكبير
ولا يتوقف هذا العمل الاعلى مجرد النظر فلذا كان يفشأ عنه عدم الانتظام
الذي يضرب بصناعة البراميل

ويجب علينا ان نهتم باستعمال طرق هندسية لتجعل للدفوف شكلا كاملا
الانتظام فلنفرض ان كل دف يتثنى بين ثلاث نقط ثابتة كنقط ا و ب
ث او اكثر (شكل ٢٠) وان و عبارة عن محور برميل دفة ا ب ث
فيتحصل معنا قارة سلاحها موضوع في المستوى الجانبي بمعنى انه يمزج محور
و ولنفرض ان هذا السلاح تارة يمكن تدويره حول المحور المذكور وتارة
يمكن سيره ورجوعه في مستوى دائرة نصف النهار فاذا قربت القارة
على وجه لائق من دف ا ب ث فالتا نصنع الوجه الصغير والامن اعلاه على
حسب الشكل المطابق لصورة البرميل الجانبية وثانيا بقلب هذا الدف
اي جعل اعلاه اسفله

فاذا صنعت الدفوف بهذه الطريقة كانت صالحة لصناعة سطح دوران مع غاية
الضبط

وقد اسسوا بمتقضى هذه الطريقة فبريقة عظيمة في مدينة غلاسكوونية
يبلاد ايقونيا لصناعة البراميل ولا وجود لها الا في فرنسا ايضا
فبريقة يظهر انها نتجت في هذه الصناعة

فاذا اجتمعت سائر الدفوف نشرنا اطرافها بشرط أن يكون سطح القطع
عموديا على المحور ثم نحفر الحزم المسمى مدخلا بقارة مشابهة للجنكار وهي آلة
من آلات الخبارة لها ضلع مسطح يوضع على المحيط المرسوم باطراف الدفوف
بخلاف سلاح القارة الرقيق البارز فانه يكون على قضيب قائم على
بعد كاف من اسفل الضلع المسطح لاجل حفر المدخل ثم تقطع القصاصات على

حسب دائرة نصف قطرها يساوي نصف قطر المدخل ومتى تم ذلك يسط
الدخول من جهة اطرافها حتى يمكن ادخال القاعات في المدخل ثم يرتق البرميل
بان نضع دوائر محددة متخذة من الخشب والحديد عوضا عن الدوائر الوترية
المستعملة لصناعة البرميل المذكور

والبراميل هي اعظم ما يتخذ من الخشب في صيانة المائعات بحيث لا يفقد
منها شيء وهذا انما يكون في صورة جودة الخشب واتقان صناعة البراميل
ومن جملة تنظيم وسق السفن ان يكون فيها مقدار عظيم من البتاني التي تشغل
عدة طبقات مثل \overline{AB} و \overline{CD} و \overline{EF} كما في (شكل ٢١)
وتسمى بالصف الاول والثاني والثالث من طبقات التنظيم ومن الضروري
ان نعرف قبل ذلك ارتفاع هذه الطبقات المذكورة لنعلم المسافة التي تشغلها
براميل التبيذ والماء والعرق وما اشبه ذلك من باطن السفينة المسمى خنا
وكذلك المسافة التي تبقى لحمل المواد الاخر التي يتم بها وسق السفينة

(وما ينبغي التنبيه عليه ان البتاني المشار اليها بتلك الحروف وهي \overline{M} و \overline{D}
و \overline{C} المفروض تساويها متلاصقة فاذا تكون مراكزها الثلاثة متباعدة
عن بعضها بمقدار يساوي القطر الاكبر من كل واحدة منها فاذا مددنا في مثلث
 \overline{MCD} من رأس \overline{D} خطا مستقيما لخط \overline{MC} ثم عودا على \overline{MC}
وفرضنا ان $\overline{MD} = \overline{MC}$ = ثمة $\overline{C} = ١$ نتج ان $\overline{M} = ٢$ ثم انه
بمقتضى خاصية مربع وتر الزاوية القائمة ينتج ان $\overline{D} = ٢$ = \overline{M}
- $\overline{C} = ٢$ = $\overline{D} = ١$ = \overline{C}

ويؤخذ من ذلك ان خط \overline{D} = ثمة يساوي تقريبا $\overline{C} = ٧٣$ و \overline{A} الان
مركزي \overline{M} و \overline{C} يكونان على بعد واحد من الارض مساو لنصف قطر
البتاني = \overline{A} فاذا يكون مقدار ارتفاع مركز \overline{D} فوق الارض $\overline{C} = ٧٣$
و اذا كانت بنية \overline{D} موضوعة وضعها كما على بنية \overline{C} كان ارتفاع
مركز \overline{D} فوق الارض مساويا لنصف القطر ثلاث مرات فاذا يتوفر من
نعشق كل صف من البراميل $\overline{C} = ٢٧$ جزءا من مائة من نصف القطر تقريبا

ومع ان ترتيب (شكل ٢١) يوفر ٢٧ جزءاً من مائة من نصف قطر
البناقي يوضع من الانسان مسافة كبيرة ويمنع هذا الضرر باستعمال
صناديق من الحديد على صورة شكل مكعب توضع فيها مياه السفن وتحفظها
حفظاً جيداً

وقد يصنع في الترسانات البرية والبحرية بواسطة الكلال ودانة الابوس والجب
وغيرها من الدانات المجوفة التي قطرها واحد وعبارها واحد كيان منتظمة
بمستويات اقبية كافي (شكل ٢٢) ويكون شكل قاعدة هذه الكيان في العادة
مستطيلاً وتكون صورتها على شكل منشور مثلثي واوجهها متماثلة الوضع
(ولاجل معرفة عدد الكلال التي يحتوي عليها كوم يكون على شكل منشور
ناقص منتظم الكوم (شكل ٢٣) نحسب اولاً مقدار الكلال التي في احد
اوجه مثلث \overline{AB} فاذا عددنا مثلاً ما في صف \overline{R} من الكلال وجدناه
يلغ هذا العدد وهو

$$(1 + 2 + 3 + \dots + R)$$

فنضرب ثلث هذا العدد في مجموع الكلال التي في الصفوف الطرفية وهي
 $\overline{11} + \overline{B} + \overline{B} + \overline{C} + \overline{D}$ الدالة على اضلاع المنشور الناقص المنتظم
وهو $\overline{AB} \overline{C} \overline{D}$

وليكن \overline{D} مثلاً عبارة عن عدد كلال صف $\overline{11}$ فيكون كل من صفي
 \overline{B} و \overline{C} محتوي على كلال صف $\overline{R} - 1$ اكثر من احتواء
صف $\overline{11}$ عليها فينتد يكون $\overline{11} + \overline{B} + \overline{B} + \overline{C} = \overline{D} + 2$

فاذن يكون مقدار مجموع كلال الكوم $\frac{1}{6} (1 + 2 + 3 + \dots + R)$
 $\times (3 + 2 + R - 2)$ ومعرفة هذا الحاصل سهلة
فاذا لم يكن في صف $\overline{11}$ الا كلة واحدة فان المنشور يصير هرماً مربعياً
عدد كلاله

$$\frac{1}{6} (1 + 2 + 3 + \dots + R) (3 + 2 + R - 2)$$

او $\frac{1}{4} (1 + 2 + 3 + \text{الخ } r + r) (2 + r + 1)$ وإذا كان
 الكوم مثلثيا فان $11 = 1 + 2 + 3 + \text{الخ } r + r = 1 + 2 + 3 + \text{الخ } r + r = 1 + 2 + 3 + \text{الخ } r + r$ فان
 ينتج ان $11 = 1 + 2 + 3 + \text{الخ } r + r = 1 + 2 + 3 + \text{الخ } r + r$
 فان يكون عدد كل الكوم المثلثي الذي صفوف كاله r
 $(1 + 2 + 3 + \text{الخ } r + r) \times \frac{1}{4} (2 + r + 1)$

(الدرس الثاني عشر)

(في بيان السطوح الخازونية)

ينبغي لتساقل الشروع في بيان خواص السطوح الخازونية وتطبيقاتها على
 الفنون ان تختبر المنحنيات التي يكون بها تركيب هذه السطوح
 وذلك بان نرسم مستطيل $وش$ ك $ا$ (شكل ١) ونقسمه الى قطع متساوية
 العرض بواسطة خطوط مستقيمة متوازية مثل $ا ب$ و $ب ث$
 و $ث د$ الخ ونمتد خطوط $ا ا$ و $ب ب$ و $ث ث$ و $د د$ المائلة
 وعلما بما فتصير تلك الخطوط بالضرورة موازية لبعضها حيث انها تقطع
 متوازيات اخرى مثل $ا ب = ا ب$ و $ب ث = ب ث$ و $ث د = ث د$
 وغير ذلك الى اجزاء متساوية

ولنفرض الان ان المستطيل المذكور ينثنى حتى يصير على صورة شكل
 اسطوانى يكون احده اضلاعه $وش$ ونعلق الاسطوانة بالكلية بحيث
 ينطبق ضلع $ا ك$ على $وش$ انطباقا تاما فتقع حينئذ نقطة $ا$
 على نقطة $و$ و $ر$ على $ا$ و $ث$ على $ب$ و $د$ على $ث$ وعلما
 بما فتصير كانت الاضلاع موازية لضلعي $وش$ و $ا ك$ كانت معينة
 على مستطيل $وش$ ك $ا$ بخطوط $ح ح$ و $ر ر$ و $ط ط$
 الخ المستقيمة الموازية لضلعي $وش$ و $ا ك$ الان هذه الخطوط المستقيمة
 المتوازية تقطع على المستطيل مائلات $ا ا$ و $ب ب$ و $ث ث$
 و $د د$ الخ في زوايا متساوية حيث ان هذه المائلات متوازية وبالجمله
 فاذا طبقنا المستطيل على الاسطوانة (شكل ٣) كانت كل زاوية من

الزوايا المتألفة من مائلات ١١ و ب - و ث ث خ (شكل ١)
ومن اضلاع ح خ و ر ض و ط ع الخ لا تتغير
فحينئذ اذا انضمت مائلات ١١ و ب - الى الاسطوانة في نقط
ا و ب و ب و ث و ث و خ (شكل ١) حدث عنها
منمن يتكوّن منه مع اضلاع الاسطوانة زاوية واحدة في جميع جهاته
وهذا المنحنى المفرد هو الذى يطلق عليه اسم الخط البرمى او الحارزوى
الاسطوانى

واذا اتفنى المستطيل بحيث يحدث عنه اسطوانة فاعدها دائرة تحصل الخط
البرمى المستعمل كثيرا فى الفنون

ولنفرض ان نقطتين يبران فى زمن واحد من نقطة ش احدهما على
ضلع ش ك من المستطيل (شكل ١) والاخرى على مائل
ش ك ونفرض ايضا ان هاتين النقطتين يبران فى زمن واحد بخط ح خ
اولا وبخط ر ض ثانيا وبخط ط ع ثالثا وهكذا فيحصل
لنا بمقتضى خاصية الخطوط المتناسبة هذا التناسب وهو

ش خ : خ ع :: ش ص : ص ض :: ش ع : ع ع وهكذا

فاذن تبعد النقطة التى تتبع اتجاه مائل ش ث من قاعدة ش ك
بكميات خ ع و ص ض و ع ع الخ مناسبة للبعدين ضلع
و ش و اضلاع ح خ و ر ض و ط ع الخ

وبناء على ذلك اذا ادركنا حول الاسطوانة احد اضلاعها كضلع ش و
وكان هناك نقطة سائرة على طول هذا الضلع بحيث تكون المسافات المقطوعة
بالنقطة والضلع المذكورين متناسبة فان النقطة المذكورة ترسم خطا برميا
او حارزويا كالخط المرسوم فى (شكل ٣) فحينئذ يكون الشكل الحارزوى
ناشئا من النقطة التى عند دورانها حول المحور تسير فى الجهة الموازية لذلك
المحور بالنسبة للكمية التى تدورها حول المحور المذكور

وبناء على ذلك يمكن الخراط ان يرسم شكلا حلزونيا على اسطوانة بواسطة آلة قاطعة تسير بالتوازي للمحور وبالنسبة للكمية التي تدورها الاسطوانة حول المحور المذ كور وبناء عليه ايضا ينبغي في كل دور من الاسطوانة لاجل رسم الشكل الحلزوني ان تكون آلة الخراط سائرة على طول واحد وهذا الطول المتساوي من جميع جهاته هو المسمى بخطوة الخط البرمي او الحلزوني فاذن تكون مسافة الادوار المختلفة للخط البرمي او الحلزوني المقيسة على كل ضلع ملازمة لحالة واحدة وهي الخطوة الحلزونية

ولنفرض (شكل ٢) انه بواسطة الطبع او غيره نستخرج صورة من (شكل ١) بمعنى اننا نضع شكلا ثانيا مما نلنا الاول ونثنيه على اسطوانة (شكل ٤) المساوية لاسطوانة (شكل ٣) فنحدث شكل حلزوني متجه اتجاها ماضا للاتجاه الشكل الحلزوني المتقدم في (شكل ٣)

وحلزون (شكل ٣) هو الدائر جهة اليمين وحلزون (شكل ٤) هو الدائر جهة الشمال ومتى كانت الاسطوانتان المتقدمتان متساويتين كافي شكلي ٣ و ٤ وكانت خطوة البرمية ملازمة لحالة واحدة فان الحلزون الدائر جهة اليمين يكون مماثلا للحلزون الدائر جهة الشمال

* (بيان شكل البرمية الحلزوني) *

وعوضا عن ان ندير نقطة واحدة حول المحور يمكن ان ندير حول هذا المحور اي شكل مستو كمثلث (شكل ٥) او مربع (شكل ٦) فعلى ذلك نرسم سطوحا يمكن ان تكون مجوفة او محدبة على اسطوانات يمكن ايضا ان تكون مجوفة او محدبة ويطلق اسم البرمات على المجوفات والمحدبات الحلزونية الشكل المتكونة من دوران مثلث او مربع حول الاسطوانة سواء كان ذلك المثلث او المربع مجوفا او محدبا وهذا المثلث او المربع يسير على طول الخط البرمي مع ملازمته لصورة مولده في وضع واحد بالنسبة لآلة الخط البرمي والاتجاه محورا الاسطوانة

ويطلق اسم البرمية على اسطوانة **ا ب ث د** (شكل ٥ و ٦) التي تحتوى

على البرمة فوق سطحها المحدث ويطلق ايضا اسم بيت البرمة على الاسطوانة
المجوفة التي لها برمة حلزونية الشكل محفورة في سطحها الجوف
فاذا كان هناك اسطوانتان قطرهما واحد وكان الحلزون المتقدم مرصوما
على محيطهما ورسمنا فيه بعد ذلك مولد البرمة فانه من حيث كون احدهما
محدبة والاخرى مجوفة يحدث من ذلك برمة وبينها ويكونان متحدتين في البرمة
والخطوة فاذن نقول انه يمكن ادخال البرمة في بيتها بان نجعلها تسير وتدور
في ان واحد بدون ان تترك شيئا من الفراغ بينها وبين بيتها وبدون ان ينقص من
حجمها شيئا في سائر الجهات

واذا فرضنا اتنا نبدا بادخال طرف البرمة المحدث من البرمة في طرف البرمة
المجوفة من بيت البرمة فان اسطوانتي البرمة وبينها يكونان منتظمين بحيث
يكون محوراهما على خط مستقيم واحد فاذا تقرر هذا فان احدي
الاسطوانتين متى كانت ثابتة فان الاخرى تدور بحيث تسير كل نقطة من برمتها
بالتوازي للمحور وبالنسبة لكمية التي تدور بمقدارها وعلى حسب النسبة
المعينة بانحناء الخط البرمي المستعمل مولد البرمات فبذلك ترسم الصورة
الطانية من سطح البرمات المحدث سطح البرمة المجوفة فاذن تكون البرمة المحدث
بتماها في المجوفة من غير ان يكون بينهما فراغ وهذا هو حركة البرمة في بيتها
وقد صنعوا بطريقة هندسية مع الاهتمام بالبرمات المثلثية والمربعة ايتيسر
للتلاميذ ان يفهموا على حقيقة مساقط (شكلي ٥ و ٦) وهذا هو اعظم
ما يترنون به في العمليات الهندسية

وكما انه يوجد نوعان من الحلزونيات احدهما يدور جهة اليمين والاخر جهة
الشمال يوجد ايضا نوعان من البرمة وبينها احدهما يدور جهة اليمين والاخر
جهة الشمال ومن المعلوم انه لا يمكن ادخال البرمة الدائرة جهة اليمين في بيت
البرمة الدائرة جهة الشمال وان البرمة الدائرة جهة الشمال لا يمكن
ادخالها في بيت البرمة الدائرة جهة اليمين .

وللبرمات استعمال في الفنون غير منقطع فانها تارة تستعمل لتحويل حركة

مستقيمة الى حركة مستديرة وتارة تستعمل لعكس ذلك كما ستعرفه عند الكلام
على الآلات في المجلد الثاني من هذا الكتاب

ولننبه كما في (شكل ١) على ان خطوة $وا = اب$ الخ من البريمة
يمكن ان تكون صغيرة جدا بالنسبة لطول ش ك من محيط الاسطوانة
وعلى ان مثلث ش ك شه يحدث مقياسا مركبا من اجزاء خ غ

و ض ضه و غ غ الخ التي نسبتها بعضها ١ : ٢ : ٣
وهلم جرا وهو سلم مشابه للسلم الذي تقدم ذكره في الدرس الخامس (شكل ٥)

فاذا كان محيط القاعدة دالا على اجزاء ش خ و خ ض
و ق ض ع الخ المتساوية لزم ان يكون الخطأ البين في هذه الاموال قليلا

بالنسبة لارتفاعات خ غ و ض ضه و ع ع وهلم جرا
(بيان اجراء العملية) *

قد اكتسبت الصناعة في الخاصة الهندسية المتقدمة مبلغا عظيما بالنظر
لتقسيم الخطوط المستقيمة الى اجزاء متساوية تقسيما صحيحا بواسطة البريمة

ولنقسم قاعدة اب (شكل ٧) الى اجزاء متساوية قسمة صحيحة
ونفرض ان خطوة بريمة م ن التي محورها مواز لخط اب يكون

مقداره عشر محيط الاسطوانة المنصل عليها البريمة المذكورة وان مقدار
نصف قطر هذه القاعدة يبلغ عشر نصف قطر مسطح ح خ المستدير

المنقسم محيطه الى عدة اجزاء متساوية ونفرض ايضا ان الخطأ الناشئ عن
تقاسيم مسطح ح خ يبلغ جزأ من الف من متر وهذا اليتأتى في العمليات

المضبوطة فيكون محيط مسطح ح خ اكبر من خطوة البريمة مائة مرة

وكل دور من ادوار ح خ لا يمكن ان يقدم شاخص ش ص
الجذب بهذه البريمة ولا يؤخره الا بمقدار خطوة واحدة فاذن لا يكون الخطأ

الحاصل على المسافة التي يقطعها الشاخص الاجزاء من مائة من الخطأ
السابق في تقاسيم دائرة ح خ فاذا لم يتجاوز الخطأ الحاصل على ح خ
جزأ من الف من متر فلا يمكن ان يجاوز الخطأ الحاصل على اب جزأ من

مائة من مليتر اعني انه لا يجاوز طول اقل من الطول الذي يعرف بمقداره بمزيد
الالتفات وامعان النظر

واذا ادرنا دائرة ح خ بحيث يكون الدليل الثابت الذي هو ز
مقابلا بالتوالي للتقاسيم القريبة جدامن هذه الدائرة وهي ١ و ٢
و ٣ الخ فالتقسيم مستقيم أ ب الى اجزاء صغيرة جدا بحيث لا يدرك
ما بينها من الاختلاف في التساوي وقد تكون الآلات المعدة لتفصيل البريمات
متناسبة على حسب النسب التي يلزم جعلها بين التقاسيم الطولية لخط أ ب
وتقاسيم دائرة ح خ و ينبغي ان نبين للتلاميذ تلك الآلات بيانا
شافيا فتقول

تختلف البريمات كثيرا على حسب شكل البريمات فتارة يكون قطع البرمة
العمودية على الحزون المولد مثلثا متساوي الاضلاع وتارة يكون مربعا وهذا
هو الذي يحدث عنه البريمات ذات البرمة المثلثية (شكل ٥) والبريمات
ذات البرمة المربعة (شكل ٦)

وتستعمل البريمات لتقريب القواعد والاسطوانات المتوازية من بعضها
اولا بعبادها بحيث لا يحصل تغير في توازيها وانتصوري الا ان بريمتين متساويتين
تكون كل واحدة منهما في طرف اسطوانتين موضوعتين وضعا منتظما بحيث
اذا ادرنا البريمتين يجعلان محوري الاسطوانتين قريبين او بعيدين من
بعضهما فاذا ادرنا البريمتين بكمية واحدة فان الاسطوانتين يقربان او يبعدان
من بعضهما اعلى حدسوا لكن المسافة المقطوعة بالدليل الثابت في كل برمة
يمكن ان تكونا كبر من خطوة البرمة بمقدار ١٠٠ و ٢٠٠ و ٣٠٠
وحينئذ لا يحدث عن المسافة المقطوعة بالدليل لاجل ابعاد الاسطوانتين
او تقريهما من بعضهما الا ١٠٠ او ٢٠٠ او ٣٠٠ وهو اقل من
الخطوة المذكورة ويعلم من ذلك تنظيم بعد الاسطوانتين مع غاية الضبط ولهذا
في كثير من العمليات اهمية عظيمة تتعلق بالصناعة

ويمكن اجراء عمليات اخرى من هذا القبيل لقياس الاطوال اوجوبها مع غاية

الضبط الذي لا يمكن الوصول اليه مجرد حاسة البصر ويظهر في هذا المعنى من صناعة الآلات النظر وعلم الهندسة امثلة جمة ناشئة من استعمال بريمات التجاذب

فاذا كان المطلوب جعل آلة لها ثلاثة ارجل اربعة بحيث يكون سطحها مستويا فاننا نجعل تحت كل واحدة من هذه الارجل بريمة تجاذب نديرها مع التدريج عينا وشمالا على حسب انخفاض الآلة او ارتفاعها من جهة احدى هذه الارجل فبذلك تقرب الآلة من الوضع الحقيقي بدرجات دقيقة جدا ويهذاتقف في المكان اللازم وقوفها فيه مع غاية الضبط وهنالك بريمات تجاذب في الآلات ذات الانعكاس تستعمل لاجل وضع المرآة في وضعها الحقيقي وبريمات اخرى لتقريب بعض اجزائها من الآلات من بعض الوصلات عنها وغير ذلك

وقد يرى في الآله والطبيعية عدة نباتات سارية على صورة شكل حلزوني ترتفع حول اسطوانة منتصبة كخدع شجرة كبيرة او مغيرة او حول وتد بسيط فترسم شكلا حلزونيا في بعض الاحيان ينفرع عن النبات اغصان طويلة جدا متعلقة بنقط الارتباط المتفرعة هي عنها بواسطة الياف تنثنى على صورة شكل حلزوني وقد يكون في النباتات والاشجار عروق باطنية ملتفة ايضا على صورة شكل حلزوني وهنالك عدة نباتات فروعها واوراقها وثمارها خارجة عن الفرع الذي يحملها على حسب اتجاه حلزوني

(بيان اجراء العمليات)

قد يستعمل في الفنون تلك الاشكال الحلزونية الموجودة في النبات اما لاجل ربط الاجسام او ادخالها في بعضها

فمن ذلك ان ارباب الجراحة اذا ارادوا لف عصابات على اعضاء صورتها تقرب من شكل الاسطوانة كالكالصابع والسيقان والاذرعة فانهم يلفونها بعصابات يكون اتجاهها حلزونيا ليستروا بالتدريج مسافة من العضو اعرض مما تتركه العصابة التي يسهل بعد ذلك امساكها بادي رباط

وسنكلم تفصيلا على المخاريز والمناقب وبريمات فتح السدادات عند الكلام على الخواص الميكانيكية للبريمة والخار بور في المجلد الثاني في مجت شرح الآلات

(بيان الاعمدة الملتفة)

يتراى لنا ان بعض جذوع الشجرة التي اذا تلف حولها غصن من نبات القسوس التفافا حلزونيا يحدث عنه انضغاط بحيث لا يمكن تجسيم الجذع الا بين ادوار هذا الحلزون ويتشكل بشكل البريمة ذات البرمة المربعة وهذا هو ارنيك الاعمدة الملتفة (شكل ٨) وهي اعمدة غير ساذجية وليس لها متانة الاعمدة العادية وبسبب ذلك لا تعجب الاضعفاء العقول وانظر زينة جديرة بالقنون المستطرفة هي اكاليل الازهار التي تلف التفافا حلزونيا حول اعمدة منتظمة او حول ابواب خفيفة تلبسها العذارى لاجل الزينة في المواسم والرقص ولترجع الى ما كنا بصدد من العمليات المفيدة فنقول

(بيان الامبيق الملتوى)

الامبيق هوالة (شكل ٩) مضاهية من حيث شكلها البريمة فتح السدادات الا انها محبوبة وغير مصمتة وهي حادثة من حركة دائرية يجوب مركزها خطا بريما ويمكث مستويا عمودا عليه فاذا نصاد السائل بالتقطير ومر في الملتوى المنغمس في برميل مملوء بالماء فان البخار يتكاثف ويصل الى اسفل الملتوى ويستحيل الى مائع مبرد فانينا وبهذا الوجه يتكاثف العرق وغيره من الارواح المتحصلة بالتقطير

وقد يصنع كل من صانع الحصر وضافر البرانيط المتخذة من الخوص اسطوانات (شكل ١٠) من الضفائر الضيقة المسطحة التي اذا اتحد سمكها من جميع جهات اتحدت على رافات ١١ - ب - و - ب - ر - ث ونحو ذلك (شكل ١) واذا تلفت الرافات على صورة محيط الاسطوانة وخطت بجانب بعضها ضلعا بضلعه فانه يحدث عنهما مع الاحكام سطح اسطواني ويمكن

باستعمال مثل هذه الطريقة ان تصنع ايضا مستويا ومخروطا وكرة بان نشد قليلا احد طرفي الضفيرة ونضيق قليلا الطرف المقابل له

وكما ضاقت الضفيرة ولزم شد احد اضلاعها وتضييقه قرب السطح المصنوع من الصورة الدقيقة المطلوبة واستكمال صناعة البرابط الطريقة المتخذة من الخوص ييلاد فلورنسة مخصص في التسوية بين الضفائر في الاتساع ومتانة الضفر وقلة عرضها ودقة الخوص وحسن منظر النسج المنتظم

ويستعمل كثيرا صناعات الآلات والسيارات ذات الشكل الحزوني التي سفينة ما ينشأ عنها من القوائد عند ذكر مرونة الاجسام ومن هذا القبيل ياي العربات

وهناك اشخاص يلتفت شعرا لطبيعة على شكل حزوني ومنهم من يجعل شعره ضفائر ويلفقه على اسطوانة حارة مغيرة القطر او يطويه على صورة حلزون ويضعه في غلاف من الورق يسمى ملفا ويحصره بين ماشة من الحديد صماء فتزيل حرارتها الرطوبة التي تكون في الشعر وتساعد في ارتخائه وتجعله مسترسل على صورة خط مستقيم ويحصل له بسبب الضغط التواء حزوني يحفظ جميعه زمن طويلا على حسب طبيعته وحالة الجو

والغرض من فن تزيين الرأس وتحسينها المسمى عند العامة بالسبسية وكذلك فن التصوير في صورة ما اذا اراد جمع خصلة شعر على هيئة مستحسنة هو ضم الشعر ووجعلها على صورة اشكال حزونية ثم جعلها ضفائر او غدا ارتخدم مع بعضها بحيث يحدث عنها مجموع بلايم ما هو مطلوب من الزينة وبلايم ايضا هيئة الشخص الذي يزين بهذه الكيفية ومن هذا القبيل اغلب زينات اليونان والرومان فان الاشكال الحزونية موجودة عندهم في هذا المعنى على احسن وجه وانهم نظام

وما نحن شارعون في ذكر نوع من الحزونات اهم من اغلب ما ذكرنا من الامثلة وهو الخيوط والحبال فنقول

قد يصنع لاجل النسج والحبال خيوط رفيعة او غليظة من التيل والكتان

ومن ليف بعض الاشجار ونحو ذلك ويستعمل لذلك ايضا الشعر النباتى اى
القطن وكذلك الصوف وغيره من شعور الحيوانات
ويلزم قبل صناعة الخيوط ان يجعل خيوط اول مادة متوازية بواسطة
المشط والشبنة وتقسمها الى اجزاء رفيعة جدا ومتساوية بقدر الامكان
فى الغلظ والطول

(بيان غزل النيل والكتان)

يستعمل فى هذا الغزل اولا المغزل وكيفية ذلك انه يجرد برم الخيط يلف على
المغزل ثم يشبك على السنارة التى فى رأس المغزل بطرف القتلة وتبرم الغزالة
طرف المغزل باصبعها برمة قوية فتصل قوة البرم الى جزء الخيط الذى لم يلف على
المغزل وهو جزء عمدة الغزالة بان تجذب بيدها اليسرى الخيوط المتوازية من
الركة فتتشكل هذه الخيوط بشكل حلزوى

ولما كان المغزل ابداً جميع آلات الغزل اتماما ونظاما دولابا بسيطة
(شكل ٤١) فيحركه الغزال بيده او رجلاه فيجبرد قتل الخيط يلتف على
المغزل الذى هو فى الحقيقة مغزل ميكانيكى ويحصل البرم بنفس الدولاب وليس
على الغزال الا جذب الخيوط المتنوعة من الركة ليجمعها منتظمة فى وضع يصلح
لان يحدث عنه خيط متعدد الغلظ من جميع جهاته وذلك ان الخيط يلف على
الدولاب المذكور بواسطة اجنحة (شكل ٤٢) ذات كلاليب وتكون
هذه الاجنحة ثابتة على محور م د الذى يمر من خلال المغزل او الاسطوانة
المتخذة من الخشب مثل و ض هـ وعليه يلتف الخيط ثم تسير الاسطوانة
بحيث تكمل الدور فى اسرع مما تكمله الاجنحة بمعنى انها تستغرق زمنا
اقل من الاجنحة ولهذا كان الخيط الذى يلتف على الاسطوانة يجذبوا
بالاسطوانة المذكورة ويلتف عليها مع التدرج

ولاجل الوقوف على حقيقة ذلك نعرض ان الاسطوانة تحدث خمسة ادوار
كاملة وقت أن تحدث الاجنحة اربعة ادوار فاذا نلزم ان الخيط يلتف دورا
كاملا حين تدور الاسطوانة خمسة ادوار والاجنحة اربعة وهذه الادوار المختلفة

تحدث عن الطارة الكبيرة لدولاب واب (شكل ١١) فينشد تكون
نسبة قطري طارقي م د و ح غ لبعضهما كنسبة ٤ : ٥
وكل من سبلي ام د ب و ا ح غ ب المندودين على خلق
الطارقين الصغيرتين والطارة الكبيرة يقطع مسافة واحدة على خلق اب
بجلاف ما اذا دار الخلق فان دولاب م د يدور خمسة ادوار حين يدور
ح غ اربعة وهذه هي النسبة التي يلزمنا اثباتها وقد خلت قرون عديدة قبل
ان يخترع الناس هذه الآلة التي يوجد فيها ابتدعه المتأخرون ما يفرقها
ويعلو عليها

(بيان غزل الصوف والقطن)

كيفية ذلك ان يصنع اولاب بواسطة الكردات طرحات متسعة متحدة في العرض
والدقة ثم تمتد فيحدث عنها سلب على شكل الاشرطة الضيقة يستحيل
بواسطة برمة خفيفة الى اسببة ثم تؤخذ هذه الاسببة وتبرم باليد او بالالة على
التسدير يجمع بجانب بعضها بحيث يلتصق بعضها على بعض كلما ادخلت
في الاسطوانة المسماة شلندرا حتى تكون متساوية في البرم بمعنى اناسبرمها
برما يكون متحدة في سائر جهاتها كججوم الخيوط المبرومة وذلك ليكون الخيط
متساوي الغلظ من سائر جهاته ويحدث عن كل خيط في هذه البرمة المستمرة
شكل حلزوني يسمى عند ارباب هذه الصناعة بالقانوس يكون محوره نفس
محور الشلندر الذي يرسمه الخيط في نزوله

واما الدولاب العادي المستعمل لغزل القطن فانه يتركب من طارة كبيرة
مثل واب (شكل ١٢) ومن قضيب يعرف عندهم بالمردن له
بكرة صغيرة مثل ث د ومن طرف متواصل مثل اب ث د فيتلقى
هذا المردن الخيط كما ينلقاه الغزل ويمتد الخيط المذكور على هيئة السحب
في الجزء الذي لم يصل اليه البرم وتضغط الغزاة هذا السحب على بعد مناسب
من المردن وتدير يد طارة اوب الكبيرة وهي قابضة بالآخرى على
السحب وتمتد ليعبده عن المردن فان حركة الدوران اذا وصلت من الدولاب

الى السحب بمرمه فيحدث عنه خيط تكون مباديه مخفية على صورة شكل
حزوني ويتوقف برم هذه الحزونات على حالتين احدها مرعة طارة أوب
السابقة والثانية البطي الذي يمتد به سلب الكاردة ومتى صار جزء من السحب
خيطا غلظه وبرمه مناسبان فان الغزاة تعكس دوران الدولاب قليلا ليقل
الحزون المصنوع من الخيط على طرف المردن ثم تضع الخيط المذكور في اتجاه
عمودي على محور المغزل وتدبر الدولاب على عكس الحركة الاولى فيلتف
حينئذ الخيط على المغزل عوضا عن ان يبرم ويكون عليه عدة حلزونات
فيتراى حينئذ ان العملية بالطريقة الميكانيكية هي عين العمليات التي تجري
على مغزل الغزاة البسيط

وقد اقيم مقام برم المغزل عملية ميكانيكية وهي ابداع ما ظهر من الالات
الجديدة الصالحة للغزل وكيفيتها ان توضع الطرحات الخفيفة بعد خروجها
من الكاردات بين زوجين من الشندرات المتوازية المرتبة على وجه بحيث
يدور الزوج الاول منها اقل من الزوج الثاني والثاني اقل من الثالث
وهكذا فاذا نمتد الطرحات بين الازواج الثلاثة من الشندرات ثم تقبض
وتتكمش وحينئذ تمر بجملة من الشندرات مركبة كالاولى من ثلاثة ازواج
شندرية يبرم ثانيا السلب المتخذ من القطن والصوف ثم يلف على المغزل
فاذا تم ذلك نضع بجملة من المغازل على محاور قائمة منتظمة الترتيب على
دولاب يقوم بجميع وظائف الغزاة لما انه يسحب الخيط ويبرمه ويلفه على
المغزل ويتعصل السحب المذكور هنا من ثلاثة ازواج من الشندرات مختلفة
السرعة فن ثم يلتف الخيط على مغزل ذي جناح كاللدولاب العادي وهذا
ما يسمى بالدولاب المتواصل لان الغزل يحصل عليه بحركة واحدة
مستمرة

واما الدولاب المسمى مبيل يونيه الذي على هيئة التول الذي تقدم ذكره
في الدرس الثاني فان السحب فيه ليس مقصورا على مجرد مرعة الخيط بل يكون
ايضا على حسب تقريب المغازل التي يلتف عليها الخيط وابعادها على

التعاقب من الشلندرات فاذا تباعدت المغازل عنها كانت الخيوط مسحوبة
بجلاف ما اذا قربت فانها تلتف عليها ويحصل برمهاتى بلغت المغازل نهاية
سيرها

ولادولاب الغزل الغليظ من المغازل ١٠٨ بجلاف دولاب الغزل الرفيع
فان له ٢١٦ مغزلا يديرها علم الدولاب ويكون بعينه مساعدان من
الوصالين لاجل ملاحظتها

فعلى هذا يكتفى ثلاثة اشخاص لعمل عدة خيوط كانت قبل ذلك تستدعى
٢١٦ غزاة تغزل بالمغزل او الدولاب ويتصل كل خيط فى اقل مما كان
يستغرقه البرم باصابع الغزاة فهذه هي الفائدة العظيمة الناشئة عن عمليات
الهندسة فى صناعة جملة خيوط اسطوانية متحدة القطر اتحادا تاما من
الالياف النباتية التى على شكل الحزرون

وبعلم التلامذة هذه العمليات اما باطراف اصم على الدواليب العادية او على
دواليب الغزل التى على هيئة الانوال اذا امكن ذلك

ثم ان الحرير عند تولده من الدودة يكون متنيا بصورة حلزون على سطح دوران
يسمى بجوز القز واول عملية فيه يكون الغرض منها امتداد خيوط جوز القز
المذكور وطيه على مكبة ثم يبرم يسيرا عند طيه على المكبة الثانية فاذا تم عمل
الخيوط بهذه الطريقة فانها تبرم من جهتها الاولى بحيث ان جميع النقاط التى
كانت قبل البرم على هيئة خط مستقيم فوق سطحها الاسطوانى تصبح على
صورة شكل حلزونى ثم تجمع هذه الخيوط مثنى وثلاث ورباع مع برمهاتان
على عكس البرمة الاولى وبهذه البرمة الثانية يفصل جزء من الاولى وتنثنى
الخيوط على صورة شكل حلزونى بجوار بعضها ويسمى الحرير فى هذه الحالة
باصم الحرير المبروم

ثم ان العملية التى ذكرناها اقارب الى العملية التى ينفى اجراؤها فى صناعة
الحبال المتخذة من التيل

فبواسطة برمين مختلفين تستدبراء كل خيط فى جهة حتى ان الخيوط المتثنية

على شكل حلزوني تشتد في جهة مخالفة للاولى وينتج عن التعادل الحاصل بين البرمين المذكورين ان الخيوط بانواعها لا تنصل كثيرا عند الضغط عليها بقوة اخرى عارضة ولا يمكن أن أبسط الكلام هنا في هذا الشأن لتعلقه بالعلوم الميكانيكية وخروجه عن الاصول الهندسية

ويصنع من التيل حبال رقيقة يقال لها فلاة يبرم كل منها على حدة في جهة واحدة ثم يبرم عدة منها معا في الجهة المقابلة للاولى ليتكون منها حبال بسيطة تسمى بتونا وبعد ذلك يبرم منها اثنان او ثلاثة او اربعة في الجهة المقابلة للثانية اعني في نفس جهة برم الحبال الاول الرقيقة ليتكون منها ما يسمى بالكردونة ثم يبرم هذه الكرذونات في الجهة الثانية ثلاث او رباع ليصنع منها ما يسمى بالغومنة ثم يبرم هذه الغومينات ثلاث او رباع ايضا ليصنع منها ما يسمى بالغومينات الكبيرة

وتبرم قلوب الغلايين وتصنع من الغومينات وكذلك الرواجع وحبال المنورات الجارية في السفن فانها تصنع من حبال الكرذونة

وقد ابتدع الانكليز طرقا دقيقة لطيفة في اجراء عملية قتل الخيط والحبال بواسطة آلات ودواليب وقد نتج عن الانتظام الهندسي الحاصل في حركات هذه الآلات ثمرات عظيمة فان هذه العملية المستكملة يكفي فيها التحصيل القوة الاولى ثلث المواد التي كانت تلزم لغيرها من العمليات السابقة بل واقل من الثلث وهذا على حسب غلظ الحبال ونوعها وما ذكرناه كاف في بيان ما ترتب على تبديل العمليات التي كانت بمحض اليد وكانت ثمرتها انما تحصل بالصدفة والاتفاق بطرق علمية من القوائد المحققة الجسيمة والثمرات العظيمة

وعلى ارباب معامل الحبال ان يبذلوا جهدهم في مطالعة كتب علمية تتعلق بهذه الطرق الجديدة التي من قواؤها تقليل المصاريف والعمل وحصول ثمرات اتم وانجح مما كان سابقا من سائر الوجوه (راجع الجلد الثاني عند ذكر الآلات

وهذا وان الكلام على انواع السطوح المعوجة المستعملة كثيرا في العمارات

المدنية والبحرية وكذلك في تركيب الآلات ولا تعرض من ذلك الالبيان
السطوح الحلزونية المتولدة من حركة خط مستقيم او قوس اى دائرة
كانت

(بيان السطوح الحلزونية المستعملة في السلام)

من السطوح المختلفة المعوجة التي سبق ايضا حها في الدرس العاشر
السطوح التي تكون على صورتها السلام المتعطفة الدائرة وهى السطوح
الحلزونية

فقد يكون السطح الحلزوني من السلم الذي دورته مستديرة متكونا من حركة خط
مستقيم افقى مستندا احد طرفيه على محور الدائرة المستعمل حنية للسلم
والطرف الاخر منه مستند على حلزون مرسوم على حسب المحيط الداخلى
من الدائرة

فاذا كان ارتفاع درج السلم واحدا كان عرضها بالضرورة واحدا متساوى
البعد من المركز على ذلك اذا كان **ا ب ث** (شكل ١٤) هو الدائرة
الدالة على قاعدة الاسطوانة التي هى حنية السلم فان كل دائرة مرسومة من
مركز واحد كالأولى تقسم الى اجزاء متساوية بالمسقط الافقى لدرج السلام

(بيان السطح الحلزوني لبريمة المهندس ارشيدس)

سطح السلم الحلزوني الذى على هيئة دورة مستديرة هو عين بريمة ارشيدس
وانما سميت بذلك لان هذا المهندس الماهر هو الذى اخترعها وسنبين مع
مزيد الاعتناء العملية التي اجريت في شأن هذه البريمة لرفع المياه عند ذكر آلات
رفع المياه (راجع الجلد الثالث)

وقد انتهزت الفرصة في صناعة بريمات ارشيدس من الخشب وهما
الطرق التي استعملتها في ذلك

وحاصلها اني قسمت اولا محيط **ا ب ث** (شكل ١٩) الى عدة اجزاء
متساوية بقدر قطع الخشب التي اردت استعمالها في صناعة دور كامل من
الشكل الحلزوني

ثم قطعت مناشير مربعة قاعدتها و د ث وهي قطاع الدائرة الدال على احد
الاجزاء المتساوية المصنوعة بالطريقة السابقة على الوجه الاسطوانى الذى
مسقطه الافقى د ث ومددت خطا مستقيما ثلا في اتجاه الخط البرمى
الذى يرسمه السطح الجازونى على اسطوانة ا ب ث د

وقسمت نصفي القطر اللذين هما و د و و ث الى اجزاء متساوية
وهي د ز و ز د الخ و ث و و ث ش الخ ثم نشرت بمنشار ثابت
دأشما على بعد واحد من تقطى ث و د قطعة الخشب المربعة بحيث
ان خط المنشار ينتهى الى نقطة د على القاعدة العليا من القطعة المذكورة
مضى انتهى ذلك الخط الى نقطة ث على القاعدة السفلى وان الخط المذكور
ينتهى ايضا الى ز و د على القاعدة العليا حتى انتهى هذا الخط الى
نقطة ث و على القاعدة السفلى فيكون كل من خطى المنشار ضلعا
للمضلع الذى هو محيط المنحنى الجازونى المرسوم على السطح الجازونى المطلوب
تحصيله

وازات على التوالى الاخشاب الزائدة بفسارة رقيقة جدا للاحكام مستدير
وثابتة دأشما على وضع افقى ولا تقف الاعلى من المنشار المذكور فى ث د
وعلى الخط القائم فى نقطة و لتصل الى السطح الجازونى الاعلى من بريمة
المهندس ارشيدس

وبعد ذلك وضعت فى جميع الجهات اوجه الالتصام على وجه عمودى
فى و د و و ث مع الوجه الاعلا ثم مددت على اوجه الالتصام
وعلى محيط ث د خطوطا مستقيمة متساوية من اسفل الخطوط التى تحدد
الوجه الاعلى من البريمة الى اعلاها وبذلك امكنتنى عمل الوجه الاسفل
بواسطة الطرق التى استعملتها فى عمل الوجه الاعلا

ولننبه هنا على ان المسطرة المثنية بلا قوة على محيط ا ب ث الاسطوانى
بحيث تمر بتقطى ث و د ترسم بواسطة محيطها قوسا كاملا من الخط

الحزوني او من البرمي وذلك هو الواسطة في ضبط الطريقة التقريرية التي سبق ذكرها ضبطا تاما ولا بد في ذلك من ان تنشر بالمفسار كثيرا من الخطوط الافقية التي تنتهي من جهة عند محور $\overline{و}$ ومن اخرى عند الخط البرمي المرسوم بالمسطرة المثنية

ويبقى لنا التنبيه على ان الالتحامات المصنوعة على وجه عمودي مع السطح الحزوني هي في حد ذاتها مبادئ السطح الحزوني وعلى ان السطوح الاخيرة ترسم على الاسطوانة ذات القاعدة المستديرة خطوطا برميمة تقطع الخطوط البرميمة التي رسمتها السطوح الاولى الى زاوية واحدة

واذا اريد ان اعلى القطع التي يتركب منها القلبة الحزونية يكون له شكل كشكل السلم لزم ان يبقى الوجه الاعلا وهو $\overline{و ش د}$ على شكله المستوي الافقي والوجه المستقيم الخارجى وهو $\overline{و د}$ على شكله المستوي القائم وهذا اذا اقتصرنا على عمل سطوح الالتحام و سطح السلم الداخلى بالطرق التي ذكرناها (راجع الدرس العاشر)

وفي الغالب عوضا عن ان نصنع سلمانة مطفدا نرادرجاته تصل الى حنية $\overline{و}$ المصمتة (شكل ١٤) فنحدد درجاته في دائرة $\overline{ا ر ش}$ (شكل ١٥) التي تدل في صورة ما اذا كانت افقية على حدود من الخشب او الحجر بارزة من اعلا واسفل كل درجة وهي السلالم المتخذة من البريمات المنيرة

ويستحسن من هذا النوع عدة سلالم مصنوعة مع غاية الضبط في النهاوى الطريقة الموجودة بمدينة باريس وذلك السلالم التي لا مسند لها في الظاهر تدشن عقل الناظر بما هي عليه من الثبات والخفة

وهناك سلالم منيرة كافي شكل ١٦ ليست مستديرة الخنيان واياها كانت قاعدة $\overline{ا ب ش د}$ (سيأتى ما يفيد ان هذا الحرف الموضوع تحت الدال يدل على ان هذه القاعدة افقية) من الاسطوانة التي هي حنية السلالم نرمم دائمتا على محيط هذه الحنية خطا برميا وحزونيا يتقدم جهة

محيط أ ب ث قدما يناسب الكمية التي يرتفع بها ذلك الخط
 على وجه قائم ثم نمد من ك نقطة من هذا المنحنى خطوطا انسية كخط
أ ب ر و ث ش الخ وعمودية على الاسطوانة التي قاعدتها
أ ب ث ثم نجعل أ أ مساويا ب ب ومساويا ث ش
 وهلم جرا ونرسم أ ر ش الذي هو خط حلزوني ايضا وهو المحيط
 الداخلى للبريمة المنيرة الحادثة عن السلم ولا تزيد الصعوبة في صناعة كل جزء
 من السطح الحلزوني او السلم عما في (شكل ١٤ و ١٥)
 واذا اريد ان نجعل للسلم صلابة متينة فانه في الغالب عوضا عن ان نرسم السطح
 الاسفل بواسطة خط مستقيم افقى مسند على محور حنية السلم وعلى شكل
 حلزوني مرسوم على طول الحنية ومنتكئ عليهما معا فنحدد هذا السطح
 في الغالب بقوس دائرة كافي شكل ١٧ قطرها الخط الافقى المذكور
 الموضوع في مستوق قائم فيحدث عن هذه الكيفية سطح حلزوني ثابت
 القطع من جميع جهاته
 وفي بعض القنون يلزم ان تفصل سطوحا حلزونية الشكل بدرجة على مخروط
 فالساعاتية يضيفون الى الاسطوانة او الملف الذي يحتوى على زبلك
 الساعات مخروطا مفصلا بهذا الوجه على شكل سلم حلزوني كافي شكل ١٨
 ويلفون ساسلة رفيعة مصنوعة صناعة جيدة من احد طرفيها على
 الاسطوانة بحيث تكون على خط برمجي ومن الطرف الاخر على السلم المخروطي
 فتعادل النسبة المختلفة التي بين قطر الاسطوانة وقطر المخروط في ارتفاعات
 مختلفة نقصان قوة الزبلك عند حله وبناء على ذلك ينتقل تأثيره بقوة لا تتغير
 وسيأتى لذلك مزيد توضيح عند الكلام على قواعد الآلات راجع الجلد الثاني
 من هذا الكتاب

(الدرس الثالث عشر)

*** (في بيان تقاطع السطوح) ***

اذا تقاطع سطحان فان جملة التماساتهما المشتركة بينهما تسمى تقاطع السطحين وهو اما خط مستقيم او منحن على حسب شكل السطحين او وضعهما ثم ان الاجسام التي تعينها اجزاء السطوح المتناسبة في شكلها واتجاهها تحدث في حدود هذه السطوح خطوطا بارزة او داخلية وهي تقاطع السطوح المذكورة فلذا كانت الاضلاع القائمة من المنشور والهرم التي تفصل الواجهه المختلفة فيهما هي تقاطع السطوح الحادثة من الواجهه المذكورة

واما اذا قطع جسم جسم آخر او كان مغروسا فيه فان جزء سطح الجسم الاول يكون داخلا في الثاني ويكون ذلك الجزء الداخلى منفصلا عن الجزء البارز بخط وهذا الخط ليس الاتقاطع سطح الجسم الاول والثاني

مثلا (شكل ١) قد يكون انشوري أ ب شاذ ا ر ش د و م ن ح خ و م د ح ع اللذين يقطع احدهما الآخر خط تقاطع وهو محيط م د ح ع الذي يفصل الجزء البارز من الجزء الداخلى في الجسم الثاني

وفي الهندسة الوصفية من القواعد السهلة ما يكفي في تعيين المسقط الافقي والمسقط القائم من تقاطع السطوح فينبغي للانسان ان يعتنى بمطالعة تلك القواعد حتى يكون له قدرة على رسم تقاطع جملة من السطوح ولنقتصر في هذا الغرض على ايضاح زبد هذا العلم مبتدئين بذكر تقاطع المستويات فنقول

انه لاجل بيان تقاطع سطحي المسقط اللذين احدهما قائم والاخر افقي تقسم الورة الى قسمين بخط أ ب الافقي (شكل ٢) فالقسم الذي يكون في اعلاه هذا الخط يدل على المستوى القائم من المسقط والقسم الاسفل يدل على المستوى الافقي منه وهذا المستوى الاخير يكون في العادة مستوى الارض ومن ثم يسمى العامة تقاطع السطحين الذي هو أ ب بخط الارض

ولكي يصير الرسم تاما ينبغي ان تثني الورقة ثنيا عموديا فيكون خط **أ ب**
عبارة عن اتجاه الانثناء ويصير الجزء الاسفل من الورقة اقريبا والجزء الاعلا قائما
ولا اقل من ان يلاحظ الانسان ذلك ذهنا ويدركه بدهاة حين يرسم على
المستويين المذكورين اجساما معلومة الوضع فن ثم نرى تحت خط الارض
مستوى العمارة وفوقه ارتفاعها مع ابوابها وشبابيكها وهلم جرا ومع كون
الورقة المذكورة التي يرسم عليها المستوى والارتفاع المذكور موضوعة على
طاولة افقية ففرض ان العمارة مرفوعة وانها قائمة وكذلك في صورة العكس
وهي ان يكون رسم العمارة قائما بان يسمر على حائط فان المستوى يكون اقويا
ايضا اذا كانت الاشياء المرسومة عليه روضة صغيرة او بستانا او نحو ذلك
وينبغي ان يعاين التلامذة حقيقة المسقط الافقي والقائم للعجوم والسطوح
والخطوط البسيطة المرسومة فوق خط الارض او تحته ليرسموا ذلك على
مقتضى ما عاينوه

ولاجل تعيين موضع اى نقطة توجد خارج مستوى المسقط نمتد من تلك
النقطة خطين مستقيمين احدهما عمود على المستوى القائم والاخر عمود على
المستوى الافقي ثم نعين وضع موقع هذين العمودين على مستوى المسقط
واذا اردنا اختصار طريقة الرسم وسهولة ادراكها وفرضنا ان نقطة **ح**
هي النقطة الموضوعة في الفراغ المراد رسمها فاثنا كنى بنقطة **ح** (شكل ٢)
عن مسقطها القائم بنقطة **ح** عن مسقطها الافقي واعلم ان هذين الحرفين
وهما **ق** و **ف** الموضوعين في اسفل حرف واحد او عدة حروف يدل
احدهما وهو القاف على المسقط القائم والاخر وهو القاء على المسقط
الافقي للنقط والخطوط والسطوح والعجوم المرموز اليها عند الرسم بهذين
الحرفين

وليجز من نقطة **ح** (شكل ٢ و ٢ مكرر) الموضوعة في الفراغ بمستوى

عمودي على خط الارض الذي هو \overline{AB} فيصير بذلك عموديا على مستوي المسقط فيكون حينئذ مشتركا على العمودين النازلين من نقطة \overline{C} احدهما على مستوى المسقط القائم والاخر على مستوى المسقط الافقي فاذا رعاها مستطيلا كما في (شكل ٢ مكرر) وكانت اضلاعه هذين العمودين وهما \overline{CH} و \overline{CH} اللذان هما تقاطع المستوى المحتوي عليهما مع

المستوى القائم والمستوي الافقي تحصل معنا $\overline{CH} = \overline{CH}$ و \overline{CH} وبالمجمله فاذا ادركنا مستوى المسقط الافقي لينطبق على الورقة

المشتملة على المستوى القائم فانه في هذه الحركة لا يزال \overline{CH} و \overline{CH} عمودين على خط تقاطع مستويي المسقط وهو \overline{AM} وحينئذ لاجل ان يكون كل من نقطتي \overline{C} و \overline{C} (شكل ٢) مسقطا قائما ومسقطا

افقيا للنقطة واحدة على التناظر ينبغي ان يكون مستقيم \overline{CH} و \overline{CH}

عمودا على خط الارض المتقدم وهو \overline{AB}

ثم ان جزء \overline{CH} من هذا العمود هو البعد بين نقطة \overline{C} والمستوى

الافقي وجزء \overline{CH} هو البعد بين نقطة \overline{C} والمستوى القائم

(بيان مسقطي الخط المستقيم)

اذا حدث عن تسلسل عدة نقط خط مستقيم مثل \overline{CH} فان سائر الاعداد النازلة من النقطة المذكورة على كل من مستويي المسقط يحدث عنها مستو ثالث يقطع كلاما من المستويين المذكورين في خط مستقيم فاذن اذا كان هنالك مسقطان مثل \overline{CH} و \overline{CH} (شكل ٣) لنهايتي مستقيم \overline{CH} فبما اتصال نقطتي \overline{CH} و \overline{CH} بخط مستقيم يحصل

معنا مسقطا الخط المستقيم الذي هو \overline{CH} وهما حادثان عن تقاطع

المستويات

ولاجل رسم مستويا بطريقتي المساقط ينبغي سلوك طريقتي اخرى
وحاصلها ان المستوى المطلوب رسمه يقطع كلاً من مستويي المسقط على حدته
في خط مستقيم ويقطعهما معا في نقطة م (شكل ٤) الموضوع على
خط الارض ويطلق اسم اثرى مستوى ح م ح على تقاطعيه وهما
ح م د م ح بمستويي المسقط

ويكون وضع المستوى محددًا لتحديداتنا ما بوضع خطين مستقيمين يحتوي
عليهما فاذاً يكون اثرى المستوى كافين في معرفة وضعه

ولنفرض الآن ان المطلوب تحصيل المسقط القائم المشار اليه بحرف ح

(شكل ٤) لنقطة ما كنقطة ح الموضوع على مستوى ح م ح
معي عرفنا المسقط الاثني وهو ح لهذه النقطة فيكون اولاً مسقطاً ح

و ح لنقطة ح موضوعين ضرورة على خط ع د على خط الارض

فاذا مددناه ورسمنا من نقطة ح على مستوى ح م ح خطاً اقليبا
كان موازياً لاثري ح م الاثني فحينئذ يكون مسقطه وهو ح م موازياً

لمسقط ح م الان نقطة م الموضوع على خط الارض وهو ا م ب

لا تتسبب الا لنقطة م الموضوع على مستوى المسقط القائم فاذاً يكون

خط م م العمودي على ا ب محتوي على نقطة م التي مسقطها

الاثني م وهذه النقطة موضوعة على اثرى ح م ح فاذاً تكون في نقطة

م فاذا مددنا خط م ح موازياً لخط ا م ب فانه يبين على المستوى

القائم مسقط م ح وحينئذ يكون المسقط القائم من نقطة ح موجوداً

في آن واحد على م ح وعلى ح ح فاذاً يكون في نقطة ح التي

هي تقاطع الخطين المستقيمين المذكورين وبشاء على ذلك تكون نقطة $ح$

هي المسقط القائم من نقطة مسقطها الافقي $ح$

فان افرضنا ان اثار $م ح$ و $م خ$ و $ض ر$ و $ض ط$ للمستويين (شكل ٥) معلومة وكان المطلوب معرفة تقاطع المستويين المذكورين نقول اولاً حيث ان نقطة $د$ مشتركة بين الاثرين القائمين فانها تنسب

للتقاطع المذكور وحيث انها موضوعة على المستوى القائم فانها تسقط في نقطة $د$ على خط الارض الذي هو $ا ب$ وثانياً حيث ان نقطة $هـ$

مشتركة بين الاثرين الافقيين فانها تنسب لتقاطع المستويين المذكورين وحيث انها موضوعة على المستوى الافقي فان مسقطها القائم وهو $هـ$

يكون موضوعاً على خط الارض المذكور فتفصل حيث ان نقطتان للخط المستقيم الذي يتقاطع فيه المستويان المذكوران وهما اولاً نقطة

$د$ وثانياً نقطة $هـ$ وبشاء على ذلك يكون مسقطا الخط

المستقيم الذي ينسب اليه النقطتان المذكورتان هما مستقيماً $د هـ$

و هذا هو خط التقاطع المطلوب

(بيان مسقطي كثير الاضلاع)

يكون مسقطا كثير الاضلاع $ا ب ث د هـ$ (شكل ٦) المحدود

بخطوط مستقيمة مضاعفين عدداً اضلاعهم واحدهما $ا ب ث د هـ$

$ا ب ث د هـ$ اللذان رأساهما المتقابلان موضوعان على خطوط $ا ا$

و $ب ب$ المتقارئة

وحيث ان تقاطع المستويين يكون دائماً خطاً مستقيماً مسقطاً مستقيماً ايضاً ينتج ان الجسم المحدود باوجهه مستوية يكون كذلك محدد باضلاع

العمارة التي ليست مركبة من عدة خطوط مخفية
مثلا يرسم النجار مع الدقة سائر اجزاء اشخاب الارضية او السقف المستوي
فيحصل عنده بواسطة القصول والقطوع اشكال وابعاد كل قطعة من
الخشب مثل الكتلة والبرطوم والمربوعة ونحو ذلك وتكون هذه القطع محددة
بأوجه مستوية وباضلاع مستقيمة ويرسم مساقط الاضلاع المذكورة
فتتلاقق القطع المختلفة المذكورة ببعضها وتكون الخطوط الدالة على وضع
التلاصق هي تقاطع الواجه المستوية من قطع الخشب المتلصقة ثم يحدد
التقاطعات المذكورة بواسطة الطرق السهلة التي ذكرناها آنفا بحيث ان اوجه
قطع الخشبية كلها ليست قائمة الزوايا لانه ان يقيس الزوايا المتألفة من الواجه
المختلفة من قطعة واحدة والواجه المتساطة من عدة قطع متلاصقة ويبحث
عن اتجاه كل وجه من هذه القطع وطوله وعرضه

فاذا سلك النجار الماهر على هذا المنوال من غير ان يتردد فيه فانه يصل
بواسطة المساقط والقطوع الى تحديد جميع الاجزاء المستقيمة من خشبية
اي عمارة كانت

ومن هنا يعلم ان النجار الماهر الذي يرسم مع الفطنة والدقة كل قطعة من قطع
التخشيبات ويرسم مجموعها دائرة واسعة في المعارف الهندسية وليس بلازم
ان يسمى الخطوط والسطوح والجسمات بالاسماء المصطلح عليها عند
المهندسين المقررة في كتبهم بل يكفي ان تكون القواعد العلمية على حالة واحدة
بدون اعتبار للاصطلاحات الطارئة في شأنها فان العلم اذا تعاطاه الناس
باللغة الدارجة يتهم لاتقل بذلك منفعة ولا ينقص قدره

ويمكن ان نطبق الملاحظات التي ذكرناها في شأن معارف النجار على معارف
فحات الاجار فنقول انه يلزم لفحات الاجار ان يجهز الاجار الاصلي التي تتركب
منها العمارة المراد انشاؤها مع الضبط على اى شكل كان بحيث يحصل عن تلك
الاجار اذا وضعت متلاصقة او بعضها فوق بعض مع الانتظام التام والمتانة
والصلابة الاشكال التي عينها المعمار بحسب مستوياتها وارتفاعاتها وعند انتهاء

المساقط الاقضية والقائمة يقسم الجدران بعدة مستويات قاطعة فيكون حينئذ شكل اجمار الدستور محددًا اولًا بالاجه الخارجية والداخلية للجدران وثانيًا بالمستويات القاطعة التي يطلق عليها اسم مستويات الالتحام لانه بحسب هذه المستويات تلتحم الاجار المذكورة ببعضها ويسهل رسم اجمار الدستور المعدة للاسوار المنتصبة العادية حيث انها على هيئة اشكال متوازية السطوح واجهها المتلاصقة عمودية واضلاعها المتقابلة متوازية لكن اذا كان في الجدران ميل وحدث عنما زوايا غير قائمة لزم ان يكون تحت الاجار على صورة اشكال ادق واصعب من الاولى وان تحدّد الزوايا التي تحدث عن الواجه المائلة مع الواجه الاقضية وكذلك زوايا الاضلاع التي على استقامة السور فتحدّد مع الاضلاع التي على اتجاه السور الملاصقة وهكذا ويلزم في الغالب ان اعلا الابواب والشبابيك وان كان مستويا يكون مصنوعا من عدة اجمار متلاصقة اعلاها اعرض من اسفلها لئلا يفضى بها ثقلها الى السقوط ويلزم ايضا بعد ذلك تحديد زوايا اضلاع الاجار واجهها وابعادها وغير ذلك وتحل هذه المسائل بطرق تقاطع السطوح

ويلزم أن نعلم التلامذة المعتبرين لبناء العمارات وهندسة الابنية ورسمها قطع ارانيك القعب والابواب والشبابيك والسلام وغير ذلك من الجهر على ابعاد متناسبة بان يجعلوا لكل حجر من الاشكال ما يلائمه ويمتدّدوا النمام كل حجر واضلاعه على وجه هندسي وهذا هو غاية ما يمكن ان نوصي به من يمارس هذه العملية ومن المرغوب انه عند تعليمها تنظم الخطوط المراد قطعها على حسب تنظيم السطوح المستوية والاسطوانية والمخروطية والمنشرة والموجبة والدورانية وغير ذلك من السطوح التي استحسن وضعها في هذا الكتاب ويلزم ايضا تعليمهم كيفية قطع ارانيك التجارة النقية وغيرها كتعليمهم ارانيك قطع الاجار وبهذه الطريقة يصير التعليم كثير الافادة واسرع من غيره

(بيان تقاطع الخطوط المستقيمة والمستويات)

(مع السطوح المخنية)

من اوضاع هذه المسطرة اتصاله باللوح المذكور فيكون مجموع النقط المعينة على هذا الوجه هو منحنى تقاطع السطحين اى الانبوية ولوح الصفيح ولنفرض انه يؤخذ على المسطرة طول ثابت مناسب ابتداءً ومن الطرف الذى يس دائماً لوح الصفيح ونعين نقطة اخرى على الاسطوانة او الانبوية مقابلة للطرف المذكور فيحدث عن تسلسل النقط الجديدة المرسومة بهذه الكيفية خط منحنى وهو خط تقاطع الاسطوانة مع المستوى ولننتقل مع التوازي لوح الصفيح او الاسطوانة فينطبق بمقتضى تساوى المتوازيات الموجودة بين خطين متوازيين المنحنيان المرسومان احدهما على المستوى والاخر على الاسطوانة على بعضهما انطباقاً كلياً ويمتازان معا بعد رسم هذين المنحنيين تقاطع بحسب محيطهما الاسطوانة او المستوى او هما معا على حسب الغرض المقصود من هذه السطوح

وهذه الكيفية ارجح من غيرها لضبطها وصحتها مهما كان شكل الاسطوانة ولو كان لوح الصفيح على شكل منحنى عوضاً عن ان يكون على شكل مستو

(بيان اجراء العملية فى انشاء السفن)

يستعمل النجارون هذه الكيفية فى رسم منحنى تقاطع سطح مقدم السفينة و سطح طبقاتها مع سطح الصواري وفى ثقب بكرات الصاري

(بيان اجراء عملية تقاطع الاسطوانات مع الظلال)

اذا قطع السطح المحدد باضلاع متينة اشعة ضوء الشمس ومد من كل نقطة من محيط هذا السطح خط مواز لاشعة الشمسية حدثت عن جميع المتوازيات اسطوانة تفصل خلف السطح المذكور الجزء المظل من الجزء المضيء فاذا كان خلف الاسطوانة جسم حال بنجامة فى هذا الظل فان الشمس تكون مخفية بالكلية ومعجوبة بالسطح الذى يحصل عنه الظل بخلاف ما اذا كان جزء فقط من هذا الجسم فى الظل واريد تحديد تقاطع سطح الجسم مع الاسطوانة فان المنحنى المحدد بينا الوجه يفصل على الجسم الجزء المظل من الجزء المضيء وبذلك

يتحصل معنا خط اتصال الظل والضوء على الجسم المظلم بواسطة منحنى تقاطع سطح هذا الجسم مع الاسطوانة التي تعين في الفراغ حيد الاشعة الشمسية المنجوبة بالسطح المظلم

ولناخذ مسطرة ونجعلها موازية دائماً لاشعة الشمسية ثم نضعها من احدى جهتيها على السطح الذي يحصل عنه الظل ومن الاخرى على الجسم المضيء جزؤه فيرسم كل وضع من المسطرة نقطة على الجسم المتقدم وبصير اجتماع النقط المرسومة على هذا الوجه هو خط انفصال بين الظل والضوء

ولا بد ان يكون للرسمين المصورين والنحاتين الممام تام بالاسطوانة التي يخرج منها ظلال الاجسام ومما لا بد منه ايضا ان يعينوا بواسطة طرق مساقط السطوح وتقاطعها صورة ظلال عدة اجسام مختلفة الوضع والصورة على اجسام اخرى تنوع الصور والاوزاع فبذلك يكتبون عملية مضبوطة صحيحة في شأن تأثير ضوء الشمس الخاص بشكل الظلال ومعرفتهم لهذه العملية تمنعهم غالبا من الوقوع في الخطا الفاحش الذي يمكنهم اجتنابه اذا كان لهم ادنى العلم بالهندسة التي لها دخل في فنونهم

ويلزم ضبط الظلال لاسيما في رسم البناء الذي يكون فيه لسائر الاجسام المرسومة كالاسوار والاعمدة والقبب والقبوات اشكال هندسية دقيقة فيلزم اذن للمعمربي الذي يريد رسم ظل مستوياته ليعرف تأثير الظل والضوء اللذين يحدثان عن مبانيه ان يعود على تحديد سائر الظلال مع امددة التامة

ونفرض في رسم العمارات ورسم الآلات ان الاشعة الشمسية تكون مائلة بمقدار ٤٥ عند نزولها من اليسار الى اليمين ومتى رسمت الاجسام بالخط دون البوية عينا بشرطات غليظة المحيطات المتصلة بالاوجه الموضوعه في الظل وعينا ايضا بشرطات رفيعة المحيطات الفاصلة بين الواجه المضيئة وهذه الاشارة تكفي في التمييز بين هذه الاشكال المهدبة والجوففة ولولاها لانبتست ببعضها عند رؤية رسمها بالخط

فلذا كان مجرد اختبار الاضلاع المغالة والاضلاع المضئبة (شكل ١١)
يدرك ان في **ا ب ث د** بروازا محمدا وفي **ا ر ش د** بروازا مجوفا
ومما لا بد منه للتلاميذة الذين يرسمون العمارات والالات ان يتعودوا مع
النشاط على تعيين الخطوط الرفيعة والخطوط الغليظة لانه عند امتزاجها
يعضها تلبس الاشكال المحذبة بالاشكال المجرقة وبالعكس

(بيان اجراء العملية في علم المنظر)

اذا اريد رسم ظل عمارة من بعد فانه ينبغي تعيين نقطة اجتماع سائر الاشعة
المتوازية بمقتضى الطريقة العامة المذكورة في الدرس التاسع المتعلقة بنقط
الاجتماع فمجرد ما يتوصل عنّا منظر اى نقطة ينتج بوصول تلك النقطة على
اللوحة بنقطة اجتماع الاشعة الشمسية منظر الشعاع المار بالنقطة المقروضة
واذا كانت النقطة المذكورة مظلمة فانه ينتج منظر ظلها وقد يكون ظل الخط
المخفى المنظور من بعيد جملة خطوط مستقيمة تنتهى كلها بنقط الاجتماع
كاضلاع المخروط

(بيان تقاطع المخروط والمستوى)

هذه التقاطعات السمجة بالقطوع المخروطية لها في صورة ما اذا كان المخروط
مستديرا او مائلا او قائما اهمية عظيمة جدا في العلوم والفنون ولها في الهندسة
مبحث مستقل هم كبحث المثلثات ويعتبر كانه سلم يتوصل به من مبادئ
الهندسة الى مطولاتها

ولا يليق بهذا المبحث ان تعرض لبسط الكلام على اصول اشكال التقطوع
المخروطية ونظيرة قائمها الاصلية واتمانسك في ذلك مسالك الایجاز فنقول
نعين المساطق الاقضية والقائمة لتقاطع المخروط بالمستوى كما فعل ذلك
في الاسطوانة وذلك بان نعين المسقط الافقى والقائم لتقاطع هذا المستوى بكل
ضلع من اضلاع المخروط فيكون المخفى المار بالنقط المعينة بهذه الكيفية في حال
وضعه على مستويات المساطق هو المسقط المطلوب تحصيله

ولناخذ المخروط البسيط المنتظم وهو المخروط القائم المستدير كما في

(شكل ١٢) فتكون جميع خطوط تقاطعه بمستويات موازية للقاعدة
دوائر القاعدة المذكورة وقد تكلمنا في الدرس الثالث على خواص الدائرة
ومحيطها ولم يبق علينا الا القطع الناقص والقطع المكافئ والقطع الزائد
ولنتكلم عليها على هذا الترتيب فنقول

(بيان القطع الناقص)

اذا قطعنا المخروط بمستوى $ح خ$ (شكل ١٢) المائل على المحور
وكان هذا المستوى قاطعا لاسطوان المخروط فان القطع المخروطي الحادث
بهذه الكيفية يكون قطعانا ناقصا وهو خط منحن متصل ببعضه من سائر جهاته
بحيث لا يرى فيه انفرجاع وهالخواص القطع الناقص الاصلية
وحاصلها ان هذا الشكل له مركز في نقطة $و$ (شكل ١٣) ومحوران
مثل $ا ب$ و $ث د$ يتقاطعان في زاوية قائمة وكل خط مثل
 $ض و ط$ ممتد من مركز $و$ ومنته الى محيط القطع الناقص يكون
منقسما بالمركز المذكور الى قسمين متساويين وهو قطر يقسم ايضا القطع
الناقص الى قسمين يمكن انطباق احدهما على الاخر بقلب هذا القطر طرفا
على طرف

وكل من المحورين المذكورين يقسم القطع الناقص الى قسمين متماثلين وكل
خط مثل $م ح ن$ عمود على احد المحورين وهو $ا ب$ يكون منقسما
بهذا المحور الى قسمين متساويين مثل $ح م$ و $ح ن$ وبناء على ذلك
اذا ادركنا نصف القطع الناقص وهو $ا ث ب$ حول $ا ب$ الذي هو
بمنزلة المحور فان سائر نقط محيط $ا ث ب$ تنطبق مباشرة على نقط محيط
 $ا د ب$

واذا كان مركز القطع الناقص عين مركز الدائرة التي قطرها محور $ا ب$
فانه باعتماد خطي $و د$ و $ح ن$ على الدائرة الى نقطتي $د$ و $ن$
يتحصل معنا هذا التناسب وهو $و د : و ن :: ح ن : ح د$
وهذا بالنظر للخطوط الثلاثة المستقيمة وهي $ح ن د$ الموازية لمحور

ث و د ومن ثم يمكن ان يعتبر القطع الناقص بالنظر لجهة من جهاته كأنه دائرة مفرطة ومنبسطة مستوية بالنظر لجميع اجزائها

واما في صورة العكس وهي ما اذا رسمنا دائرة مثل ث د (شكل ١٣ مكرر) على المحور الصغير وهو ث د المعتبر كأنه قطر فانه يتحصل معنا التناسب الآتي بالنظر لكل خط مستقيم مثل خط ف ب غ ع العمودي على محور ث د المنتهي في نقطة غ بالدائرة وفي نقطة غ بالقطع الناقص وهو و ر ب و ب ف غ ف غ .
وحينئذ يمكن اعتبار القطع الناقص كأنه دائرة يضاوية ممتدة امتدادا متناسبا في سائر اجزائها

واذا رسمنا دائرة على مستو مائل مرموز له بمستقيم أ ب (شكل ١٤) كان المطلوب معرفة مسقطها على المستوى الافقي فنفرض ان أ ب هو مسقط قطر أ ب الذي هو أ ب كثر ميلان غيره .
وحيث ان نقطة و هي مسقط مركز و فاذا مـ د ث و عمودا على أ ب وجعلنا و ث = و ث نصف قطر الدائرة فان منحنى أ ر ث يصير مسقط الدائرة المذكورة وبذلك يكون قطعنا قاعا وذلك اننا اذا مـ د ن ا عمودا مثل م ن على قطر الدائرة الذي هو أ ب المرسومة على مستوى أ ب فان خط م ن الافقي يكون في مستوى الدائرة وبناء عليه يكون مساويا لمسقطها الذي هو م د ولذا يكون قرب اعمدة م د البسيطة من المحور الاكبر الذي هو ث و اكثر من قرب اعمدة م د من قطر ث و كنسبة و م الى و م فاذا كان يكون مسقط الدائرة المذكورة ليس الا دائرة منبسطة ممتدة بالتناسب في جميع اجزائها وهي كناية عن القطع الناقص

فعلى ذلك كل دائرة رسمت على مستو غير مواز لها يكون مسقطها قطعانا ناقصا ويكون المحور الاكبر من هذا القطع مساويا لقطر الدائرة المذكورة ولما كانت خواص القطع الناقص كثيرة جدا بحيث لا يمكن بسط الكلام

عليها اقتصر فامنها هنا على خاصة نذكرها لك لاهميتها وكثرة مسدخيتها
في العمليات فنقول

لذا عينا نقطتين ثابتتين مثل $\overline{ف}$ و $\overline{ف}$ (شكل ١٥) بوترين
او شاخصين ووربطنا فيهما خيطا اطول من مسافة $\overline{ه}$ و $\overline{ف}$ ثم شدنا هذا
الخيط يا لرسم فيتقدم تارة الى جهة $\overline{ف}$ وتارة الى جهة $\overline{ف}$ حدث
عن ذلك خط منحن يسمى قطعانا قصا ويقال له ايضا قطع البستاجية الناقص
لانهم يرجعون القطوع الناقصة الموجودة بيساتينهم على هذه الكيفية
ومن خواص القطع الناقص الشهيرة جدا انه في كل نقطة من نقطه كالنقطة
الرموز اليها بحرف $\overline{ث}$ يحدث عن جزئ $\overline{فث}$ و $\overline{فث}$ المستقيمة
المركب منهما الجبل في نقطة $\overline{ث}$ زاوية واحدة بتلاقيهما مع الخط المنحني
او مماسه وهو $\overline{طثط}$

(بيان اجراء العملية في علم الضوء)

قد افادتنا التجربة ان كل شعاع من اشعة الضوء كشعاع $\overline{فث}$ الذي
يمس خطا منحنيا او سطح $\overline{اثب}$ يكون له انجاء مثل $\overline{ثف}$ وبعبارة
انه ينعكس على حسب $\overline{ثف}$ بحيث يحدث عن الشعاعين اللذين هما
 $\overline{فث}$ و $\overline{ثف}$ زاوية واحدة بتلاقيهما مع الخط المنحني او السطح
فاذن اذا عكس القطع الناقص الضوء كما نعهه المرآة المستوية فانه يكون لكل
شعاع مضيء مثل $\overline{فث}$ خارج من نقطة $\overline{ف}$ عند انعكاسه انجاء
 $\overline{ثف}$ المار بنقطة $\overline{ف}$

وكل نقطتين مثل $\overline{ف}$ و $\overline{ف}$ يسميان بالبورتين فعلى ذلك جميع الاشعة
المضيئة الخارجة من احدى البورتين والمنعكسة بمحيط القطع الناقص تمر
بالبورة الثانية

(بيان اجراء العملية في علم السمع اى انعكاس الصوت)

ينتشر الصوت ويتجه اتجاها مستقيما كاتجاه الضوء وانتشاره ثم ينعكس
انعكاسا مستقيما ايضا بحيث تساوى زاوية الانعكاس زاوية السقوط

المعتضة فعلى ذلك اذا كان محيط القطع الناقص مرسوما بحيث يعكس الصوت فان سائر الاصوات الخارجة من بورة ف تنعكس عند مدورها بالبورة الثانية وهي ف التي تصير صدى ف

وهناك محال بنيت على صورة القطع الناقص (شكل ١٥) فظهر منها بواسطة التجربة صحة ما قررناه في هذا المبحث فان الانسان اذا خفض صوته وهو في البورة التي هي ف بحيث لا يسمعه القريب منه بان كان في نقطة و مثلا حدث مع ذلك عن تأثير صدى صوته المنخفض الصادر عنه في نقطة

ف صيرورة هذا الكلام واضحا مفهوما في البورة الثانية وهي ف ولا بأس بان نذكر هنا عملية تتعلق بخاصة الصوت وان كانت محزنة تتأثر منها النفس وحاصلها ان اناس الارأفة عندهم بنوا سجوناً لا يمكن لمن سجن بها وكبل بسلاسل الحديد في بورة ف ان يتفوه بكلمة واحدة الا وتسبح في البورة الثانية وهي ف من القبة التي على هيئة القطع الناقص المنفصلة من ف بجاذب يمنع المسجون ان يرى السجان المتكفل بملاحظته ومراقبته

وقد تقطع النجوم السيارة حول الشمس خطوطاً مخفية وهي قطوع ناقصة احدى نقطتي احتراقها مركز الشمس وقد مضى على علماء الهيئة والهندسة ثلاثون قرناً وهم يمارسون فنونهم حتى ادر كوا حقيقة هذه التجربة التي بها اتسعت دائرة علم الهيئة عند المتأخرين

فاذا ادركنا القطع الناقص حول محور كبير مثل أ ف ب يمر بنقطتي الاحتراق حدث عن ذلك سطح دوران توجد فيه هذه الخاصية وهي ان كل شعاع مضى ذى صدى مثل ث ف خارج من نقطة الاحتراق وهي ف يكون في انعكاسه على خط مستقيم يمر بنقطة الاحتراق الثائية وهي ف

وكما انه يمكن بواسطة الدائرة البيضاء والمستطيلة او المربعة المسطحة بالنظر لجميع اجزاء نقطتها ان نرسم سائر القطوع الناقصة يمكن بواسطة الجسم الناقص الدائر المرسوم بدوران القطع الناقص حول احد محوريه ان نرسم

سطوحاً بحسبة ناقصة يضاوية مستطيلة أو مستطحة وهذه الطريقة تكن في هذا المقام ولا حاجة فيه إلى الاطناب وبسط الكلام
وهنا الطريقة أخرى في رسم القطوع الناقصة بمحركة مستمرة كان يستعملها
أرباب الصنائع غالباً وذلك أنه إذا كان $\overline{أوب}$ و $\overline{ثود}$ هما
المحوران (شكل ١٦) ومددنا مستقيم $\overline{منح} = \overline{وا}$ واخذنا
عليه $\overline{حن} = \overline{وث}$ وبقيت نقطة $\overline{م}$ ماكنة دائماً على المحور
الأصغر الممتد على قدر الحاجة وبقيت نقطة $\overline{ن}$ على المحور الأكبر فتقدم
هذا الخط المستقيم وتأنر في جميع أوضاعه الممكنة ترسم نهايته وهي $\overline{ح}$
القطع الناقص وهو $\overline{أبثد}$

وقد صنعوا بموجب هذه الطريقة آلات لرسم القطع الناقص بمحركة مستمرة
وهي في الحقيقة سيكرات على هيئة قطع ناقص
وقد ينشأ في فائدة الآلات المخترعة كيفية الرسم بهذه السيكرات لسطح مجسم
قطع ناقص إياها كان بواسطة حركة مستمرة وخط مستقيم نقطه الثلاثة المعلومة
تمكث دائماً على ثلاثة مستويات ثابتة حين ترسم النقطة الرابعة بتمامها
وتأنر في جميع الجهات سطح مجسم القطع الناقص وتستعمل هذه الطريقة
في أخذ صورة الأجسام وفي الأشغال التي يقتضيها بناء القنويات التي على صورة
القطوع الناقصة

* (بيان القطع المكافئ) *

يكون القطع المكافئ (شكل ١٧) مرسوماً على مخروط $\overline{أب}$ و $\overline{سا}$
بواسطة مستوى $\overline{خ ر}$ الموازي لأحد اضلاع المخروط المذكور وهذا القطع
هو خط منحن كخط $\overline{م د ح}$ مغلول من جهة ومفتوح من أخرى ويمتد إلى
مالاً نهاية وفرعاه هما $\overline{م د}$ و $\overline{د ح}$ آخذان في الانفرج على التدرج
وليس للقطع المكافئ الذي هو $\overline{منح}$ (شكل ١٨) الرأس واحد
وهو $\overline{ن}$ ومحور واحد وهو $\overline{ن ل}$ يكون فرعاً للقطع وهما $\overline{من}$
و $\overline{ن ح}$ بالنسبة إليه متماثلين ولهذا القطع أيضاً بورة وهي $\overline{ف}$

واحد المحور بكمية ككمية $ن غ = ن ف$ التي هي بعد المسافة
 بين بورة القطع المكافئ ورأسه ونجد ايضا من نقطة $غ$ مستقيم $س ص$
 عمودا على هذا المحور فاذا مددنا الشعاع المنعكس وهو $ك$ الى
 نقطة $ش$ على $س ص$ كانت نقطة $س$ التي هي من القطع
 المكافئ على بعد واحد من البورة ومن خط $س ص$ وحينئذ
 $ف$ $س$ يساوي $ش$ فاذا اتينا بمسطرة مثلثية مثل
 $ه ش$ ومررنا بها على طول $س ص$ واتينا ايضا بجبل نربطه
 بالزاوية القائمة وهي $ش$ ونشده بحيث يكون على هيئة خط مستقيم
 بطول $ش$ واتينا بجبل ثان ثابت في نقطة الاحتراق وهي $ف$
 وضممنا احد طرفيه في نقطة $س$ الى الجبل الاول بحيث ينتج ان
 $ف$ $س$ $ش$ وتركنا هذين الجبلين يمتدان بالتساوي
 فكلما بعدت المسطرة المثلثية عن المحور اخذت نقطة $س$ في رسم القطع
 المكافئ حتى ينتهي

واذا فرضا ان القطع الناقص يمتد بالتدريج فان تقطعت احتراقه يبعدان عن
 بعضهما فاذا اقتصرنا على احدى هاتين النقطتين فان جزء القطع الناقص
 الذي يمتد حول هذه النقطة يكون عند الرسم شيئا بالقطع المكافئ على
 التدريج حتى اذا تم رسمه صار امتثالين بحيث لا يفرق بينهما

ثم ان النجوم ذوات الذنب ترسم خطوطا بمنضية قريبة الشبه بالقطوع
 المكافئة تشغل الشمس نقطة احتراقها وهي في الواقع قطوع ناقصة بضاوية
 الشكل

وكما امتد القطع الناقص اخذت الاشعة الشمسية الخارجة من احدى تقطعت
 الاحتراق المتباعدة عن النقطة الثانية في التوازي تدريجيا وهذا فيما اذا فرضا
 ان تقطعت الاحتراق يبعدان عن بعضهما بعدا لانهما يتبعان ذلك يكون القطع
 الناقص في الحقيقة قطعاً مكافئاً وتكون الاشعة الخارجة من نقطة الاحتراق
 التي يكون بها الراصد منعكسة بالخط المنحني المذكور بحيث لا تقابل المحور

الذي توجد فيه نقطة الاحتراق الثانية الا في بعد لانهاية له فاذا تكون الاشعة الخارجة من نقطة احتراق القطع المكافئ منعكسة بهذا الخط مع موازاتها للمحور

ويستعمل القطع المكافئ لتلقي الضوء الخارج من نقطة الاحتراق وانعكاسه الى جبهة اشعة موازية للمحور عوضا عن ان تكون تلك الاشعة منتشرة في سائر النقط الموجودة في الفراغ

(بيان اجراء العملية في المنارات)

اذا اوقدت نار على شواطئ بحرا وفي داخل ميناء او في مصب الانهر او على المراسي الخطرة قاروا ما جاورها فمن المهم ان ترى ضوء تلك النار من بعيد وهي نار المنارات فيلزم وضعها في نقطة احتراق السطوح المتخذة من النحاس المتقضب ويجعل لها شكل القطع المكافئ الذي يدور حول محوره (شكل ١٨) وهو مجسم قطع الدوران ويوجب هذا البيان يحدث عن سائر الاشعة التي يعكسها السطح الذي يطلق عليه اسم مجسم القطع المكافئ العاكس بجبهة اشعة متوازية قاعدتها دائرة **ا ب ث د** المتوازية التي يتكون منها ايضا قاعدة سطح **ا ب ث د م ن** العاكس

ثم ان مجسم القطع المكافئ نارة يكون موضوعا في وضع ثابت وفي هذه الصورة لا يمكن رؤية المنارة في الليل على بعد عظيم الا في وقت المرور بمحور القطع المكافئ ونارة يدور مجسم القطع المكافئ على محورها قائم فحينئذ يصير بالتدريج الضوء المنعكس بذلك المحور على سائر نقط الافق وقد ادرك الملاحون بذهاب الضوء ورجوعه المنتظم ان هذا الضوء ليس ناشئا عن نار موضوعه حينما اتفق وقد تبين من المدة المتخللة بين وجود الضوء وانعدامه الاختلافات التي تتميز بها المنارات من جهة واحدة

(بيان القطع الزائد)

القطع الزائد هو عبارة عن قطع **م د م** و **م د ن** (شكل ١٩) المرسوم في الخروط بمستوي يقطع طبق **ا ب** و **ا و** ويتقسم الى

جرتين منفصلتين عن بعضهما لكل واحد منهما فرعان كنا لقطع المكافئ.
 الآن الفرق بينهما هو ان فرعي القطع الزائد يمتدان بسرعة اكثر من فرعي القطع
 المكافئ ومن هنا قيل ان فرعي القطع الزائد المحكم الرسم المشترك مع القطع
 المكافئ في المحور والرأس يزول امرهما الى كونهما يخرجان من بين فرعي
 القطع المكافئ.

وللقطع الزائد وهو ا ب ث و ا ر ث (شكل ٢٠) محوران
 ونقطتا احتراق وهما ف و ن كالقطع الناقص غيرانه عوضا عن
 أن يكون مجموع الاشعة الاحترافية ثابتا على حلة واحدة يكون ذلك ثابتا
 لتفاضلها وكذلك شعاعا ف م و ن م يحدث عنهما زاوية واحدة
 مع المنحنى الان هذا المنحنى يميزهذين الشعاعين اى شعاعى الاحتراق عوضا
 عن ان يكنتهما كالقطع الناقص * وبالجمله فهناك خطان مستقيمان مثل
ص و م و ز و ن يحدث عنهما زاوية واحدة مع المحور الاكبر وهو
ف و ن ويقربان من القطع الزائد كلما بعدا عن مركز و المارين به
 من غير ان يتلاقيا بفرع القطع الزائد ولذلك سميا بالخطين الموازيين للخط
 المنحنى

* (بيان تقاطع الشكل المخروطى بالسطوح المنحنية) *

يكفى لتحديد هذا التقاطع أن نمر بعبدة مستويات من رأس المخروط فنقطع هذا
 المخروط فى اضلاع مستقيمة ونقطع ايضا السطوح المنحنية فى خطوط آخر يكون
 تقاطعها مع تلك الاضلاع هو عين نقط الخط المنحنى المطلوب

* (بيان اجراء العملية فى معرفة علم النور) *

قد سبق فى الدرس التاسع ان الاجسام تظهر لنا بوامطة اشعة منيرة سارية من
 كل من نقطها الى مركز عين الانسان فعلى ذلك كل خط يقذف الاشعة المنيرة
 المذكورة بصير قاعد للمخروط فاذا رسمنا تقاطع هذا المخروط بالسطح المشاهد
 تحصل معنا منظر الخط المنير

وتتكون الالواح فى العادة سطوحا مستوية كما تقدم فى الدرس التاسع

وقد تكون اسطوانات وانصاف كرات

(بيان البانورامة اى المنظر العام)

قد توصل اهل هذا الفن الى صناعة الواح اسطوانية بوضع نقطة المنظر على نفس محور الاسطوانة وبمذه الواسطة امكهم ان يرسموا على محيط الاسطوانة سائر الاجسام الطبيعية التى تنتشر بالاستدارة الى الافق حول نقطة مفروضة وهى البانورامة التى يعبر عنها بالمنظر العام لجميع الاشياء لانه بواسطتها شاهد جميع الاجسام التى يمكن رؤيتها من نقطة واحدة فلذا كانت البانورامة عبارة عن تقاطع السطح الاسطوانى المتقدم المأخوذ لوحا مع سطح مخروط واحد او عدة سطوح مخروطية رأسها موضوعة فى نقطة المنظر وقاعدتها جميع الخطوط الطبيعية التى يريد الصانع رسمها

ولاجل الاختصار فى عمليات هذا النوع من المنظر تقسم الافق الى اجزاء متعددة بأن تقسمه الى عشرين جزءا مثلاً ثم نرسم على افرخ ورق او صفائح مستوية معنادة منظر الاشياء المخصصة فى العشرين جزءا من الافق ثم نرسم بجانبه على الستارة الدالة على اتسار سطح الاسطوانة المجعلولة لوحا العشرين طبقة المنتصبة المتوازية ثم نشتر هذه الستارة على الحائط الاسطوانى من البيت المستدير المحتوى على البانورامة

واذا رسم هذا النوع على حقيقة دهش منه الناظر لانه فى بعض الاحيان يبدو له منه سائر التخييلات الطبيعية وهذه الطريقة فى الرسم اجود من غيرها اذ بها يعرف منظر اى محل كان حول نقطة مفروضة وهذه الفائدة لا يمكن وجودها فى السطح المخوف ولا فى منظر صورة جزء من الافق

(بيان المرأة المصورة)

هذه المرأة عبارة عن لعبة طبيعية شهيرة ناشئة عن التخييلات الهندسية وهى من قبيل البانورامة وصورتها ان نرسم على مستواشكالا بحيث انها عند انعكاسها بالمرآة الاسطوانية او المخروطية تظهر لعين الراصد فى صورة اجسام منتظمة وصورة طبيعية ويلزم لرسم تلك الاجسام على المستوى ان تتميز

اولا سائر اضلاع المخاريط التي تجعل لكل جسم منظر على المرء آتو ثانيا الاشعة المنعكسة بان نعتبر هذه الاضلاع كأنها اشعة ساقطة فينتج عن كل شعاع منعكس بتقاطعه بالمستوى نقطة ويكون مجموع النقط المحددة بهذا الوجه الشكل المطلوب رسمه وما يحصل للانسان عند رؤية هذا المنظر من المسرة والابتهاج انما هو ناشئ عما يلحقه من الطرب حين يرى الاشكال الغير المنتظمة والاشكال البشعة القبيحة المنظر تصول بانه كاس الضوء الى اشكال منتظمة حسنة المنظر مستكملة لما يرويه من الانتظام والجودة

(بيان المناظر المرسومة صورتها في داخل القباب والقبوات)

قد تكون القباب والقبوات الموجودة في العمارات الكبيرة كالهياكل واقصور منقوشة في الغالب بمنابر رسمها يحصل بتقاطع السطوح المخروطية بسطوح هذه القباب والقبوات فيلزم للرسم ان يقف على حقيقة ما يراه من الصور لتظهر المناظر على بعداتها على شكلها الحقيقي ووضعها الطبيعي وان كانت في حالة القرب تخالف ذلك بالكلية

(بيان الظلال المخروطية)

اذا كان هنالك نور كنور مصباح او شمعة او كان عدة انوار مجمعة مارة بفتحة صغيرة وانارت على اجسام مظلمة فانها تصعكس ظل هذه الاجسام بحيث يترأى في الفراغ ان الفاصل بين الظل والنور شكل مخروطي فاذا اريد رسم الظل الذي يعكسه الجسم المنير من نقطة واحدة على جسم آخر لزم ان نجد تقاطع السطح المخروطي الناتج من الجسم الذي يعكس الظل بالجسم المنعكس عليه الظل

ومفني للمبتدئين في التصوير الثمرة التي تظهر لهم في هذا المعنى وكذلك في الظلال المنعكسة باشعة متوازية عند تحديد من مبدء الامر بالطرق الهندسية كثيرا من الظلال المنعكسة التي من هذا القبيل ليعتادوا على الاشكال التي تنتج عنها ويعرفوا معرفة تامة تأثير النور في شكل الظلال فبذلك يزاد رسمهم صحة وضبطا

وذلك لاننا اذا انسجنا على منوال الطريقة التي ذكرناها نتج عن ذلك شيان
احدهما تقاطع السطوح المنتشرة والمعوجة بسطوح آخرتين النقط التي
تتلاقى فيها السطوح بكل من المستقيبات التي هي اضلاع السطوح الاول *
ثانيهما تقاطع سطوح الدوران الدوران بسطوح آخر عند البحث عن النقط
التي تتلاقى فيها السطوح الاخيرة بدواً ترموزاً مرسومة على السطوح
الاول وهم جرا ومهارة الاسم في هذه العمليات هي اتصافه سطحي المسقط
ليتحصل معه خطوط منحنية بسيطة يسهل بهارسم مساقط خطوط التولد
من كل سطح

(الدوس الرابع عشر)

(في بيان الخطوط والمستويات المماسية للمنحنيات والسطوح)
لا جيل تسهيل ادراك القضايا والبرهنة عليها تبدل في الغالب خط
أ ب ث د ه ف غ ش المنحني (شكل ١) بمضلع مستقيم
الخطوط تكون اضلاعه الصغيرة جداً هي أ ب و ب ث و ث د
و د ه الخ مماثلة بالكلية لعنصر الخط المنحني المنحصر بين تلك الاضلاع
المتنوعة

واذا مددنا من تقطعي أ و ب افروض وضعهما على المنحني مع غاية
القرب من بعضهما خط س أ ب ص المستقيم ظهر كانه امتزج بالمنحني
في المسافة الصغيرة التي بين تقطعي أ و ب وتعين به اتجاه الجزء الاصغر من
منحني أ ب ث د ه ف غ ش فنقول حينئذ ان مستقيم
س أ ب ص مماس للمنحني في عنصره الصغير وهو أ ب
ولا يخفى ان هذه الطريقة التي استعملناها في تحصيل مماسات المنحني ايست
الاطريقة تقريبية ولنضرب لك مثلاً تقريرا ليكون عندك المماس بالمماسات
الحقيقية فنقول

لنخذ في دائرة أ ب ث د (شكل ٢) نصف قطر و أ ثم نمد من
نهاية أ عود س أ ص على نصف القطر المذكور و د ب ر هنا

(في الدرس الثالث) على ان كل نقطة من س اص ماعدا نقطة ا توجد خارج الدائرة وان مستقيم س اص الذي يمر من الدائرة في نقطة واحدة يسمى مماس الدائرة

ولا يمكن ان تمر من عين نقطة ا ولان شمالها بخط مستقيم بين الدائرة ومماسها وهو س اص فلذلك نعد من نقطة ا خطا مستقيما بخط از ثم نعد خط ون عمودا على از فيصير هذا العمود بالضرورة اصغر من مائل وا فاذن يدخل خط از في الدائرة وبناء على ذلك لا يمر دائما من نقطة ا بين الدائرة ومماسها وهو س اص

وحيث ان الجزء الصغير من الدائرة الذي اوله من المماس اتجاهه هو عين اتجاه المماس المذکور اما يمكن ان نعتبر نقطة قريبة جدا من نقطة ا مأخوذة على الدائرة كأنها موضوعة على للمماس وهذا كاف في تعيين اتجاهها الذي يقل خطا. كلما قربت النقطة الثانية من الاولى

وقد يكون نصف قطر و العمودي على مماس س اص عموديا ايضا على عنصر الخط المنحني الذي يكون من نقطة ا على اتجاه المماس المذکور ويطلق اسم الخط العمودي على الخط النازل عمودا على المماس فلذا كان نصف قطر الدائرة عمودا على المحيط

ثم ان ارباب الفنون يستعملون كثيرا خواص المماسات والاعدة في تحديد اشكال محيطات الخطوط والسطوح

ولنذكر اولا كيفية رسم المضلعات المنتظمة بواسطة مماسات الدائرة فنقول لنفرض مضاعفا منتظما كضلع ا ر ث ه ف الخ (شكل ٣) فحيث ان نقطة و هي مركز هذا المضلع ينبع وا = ور = وش = و الخ وكذلك ا = ر = ث = ه الخ فاذن تكون مثلثات ا و ر و ر و ث و ث و ه متساوية فتكون اعمدة وا و ور و وش النازلة من نقطة و على ا = ر و ر = ث و ث = ه الخ متساوية ايضا فاذن يكون مماس الدائرة المرسومة من نقطة و المجموعة

مركزا بواسطة نصف قطر $وا = وب = وث = ود = الخ$
هو سائر اضلاع المضلع المذكور وهو $ا-ب-ث-د-ه-خ$
ويقال ان كل شكل مضلع مثل $ا-ب-ث-د-ه-خ$ يكون مرسومًا خارج
دائرة $ا-ب-ث-د-ه-خ$ فمن ثم كان كل شكل مضلع منتظم يقبل الرسم
خارج الدائرة

ومن الجلي ان محيط الدائرة يكون اكبر من محيط كل شكل مضلع مرسوم
في داخلها كضلع $ا-ب-ث-د$ واصغر من محيط كل شكل مضلع مرسوم
في خارجها كضلع $ا-ب-ث-د$ وان سطح الدائرة يكون اكبر من سطح كل شكل
مضلع مرسوم في خارجها

ولما اكثر المهندسون ضرب اضلاع الاشكال كثيرة الاضلاع سواء كانت
خارج الدائرة او داخلها واخذوا نصف القطر وحدة قياس حسبوا دائرتين
مختلفتين اقل من طول ممكن القياس معلوم بالاكات الهندسية وهذان
الدائرتان احدهما اكبر من محيط الدائرة والاخر اصغر منه

وقد رأوا من هذا القبيل اشكالا كثيرة الاضلاع منتظمة سطح احدها اكبر من
سطح الدائرة والاخر اصغر من سطحها ومغايرة لبعضها تغايرا اقل من القياس
المعلوم قبل ذلك فاذلك تراهم يرمزون لمحيط الدائرة التي نصف قطرها يساوي
وحدة القياس وكذلك لسطحها باعداد تقريبية جدا

ويمكن استعمال هذه الطريقة في تحديد محيط مسافة منتهية وفي تحديد سطحها
بأي نوع من الخطوط المنحنية

وهذه الطريقة الشهيرة تسمى عند المهندسين طريقة التحديد وبها يستعان
في البرهنة على كثير من التقاويم والقواعد الرياضية التي جعلناها من قبيل
الحديثات القرينية من الحقائق اليقينية فاذا اريد تفصيل سطح كلوح من
صفيح الحديد او من ورق المقوى بموجب محيط دائرة $ا-ب-ث-د$
كافي (شكل ٣) نبتدئ برسم شكل مضلع خارج الدائرة بواسطة
خطوط مماسة ثم نزيل خارطة او منبردا او مقراض او أي آلة مستقيمة الخطوط

زوايا $ا و س و ث و د$ فيحدث عن ذلك شكل مضلع اضلاعه
ضعف اضلاع الاول ويتفاوت قليلا عن محيط الدائرة فاذا استمر على ازالة
الزوايا بهذا الوجه حدث مضلع اضلاعه متعددة الا انها صغيرة بحيث لا يمكن
ادراك الزوايا ولا رؤسها فعند ذلك يتم رسم الدائرة على احسن وجه

وفي عمل الابواب والشبابيك والقبوات الكاملة التقوس وغيرها يكون $أم$
 $و ث ن$ المستقيمان (شكل ٤ و ٥) متصين وهما يدين على نصف
القطر الاقنى وهو $ا و = و ث$ (شكل ٤) $= ا ث$
(شكل ٥) وبناء على ذلك يكون هذان المسندان المستقيمان مماسين للقبوات
المذكورة في نقطتي $ا و ث$

وفي قبوة $ا ب ث د$ المنكسة (شكل ٦) المصنوعة على هيئة اذن
الثقة ثلاثة اقواس دائرة وهي $ا ب و ب ث و ث د$ التي مراكزها
وهي $٢ و ٣ و ٤$ مرتبة على هذا الوجه وهو

اولا تكون نقطتا $و م$ ونقطة $ب$ التي هي ملتقى قوسي $ا ب$
 $و ب ث$ خطا مستقيما وثانيا تكون نقطتا $و د$ ونقطة $ث$
التي هي ملتقى قوسي $ب ث و ث د$ خطا مستقيما ايضا فاذا كان
خط $س ب ص$ عمودا على $و م ب$ وكان خط $ز ث ط$ عمودا
على $و د ث$ فان هذين الخطين يصيران معا خطين مماسين احدهما للقوس
 $ا ب و ب ث$ في نقطة $ب$ والثاني للقوس $ب ث و ث د$
في نقطة $ث$ وحيث ان هذه الاقواس المرسومة على هذا الوجه مماسها
واحد فلا يرى في نقطة تلاقيها نوع من الزوايا

واذا اريد تعويض خط منحن باقواس دائرة قريبة الشبه منه بقدر الامكان
بحيث يرى فيها اتصاله واستمراره فانه ينبغي ان تكون الاقواس المذكورة متصلة
بعضها ببعض يكون لها تماس واحد في نقطة تلاقيها وسيأتى توضيح ذلك
في الدرس الآتي

(بيان المستويات المماسية للسطوح)

لنصنع في سطح $ا غ ب$ الخ بالتوازي لمستو مفروض (شكل ٧) عدة قطوع مستوية مثل $ا ب$ و $ث د$ و $ه ف$ فتأخذ هذه القطوع في التناقص كلما قربت من حدود السطح حتى ينتهي امرها الى أن تصل الى نقطة $غ$ التي تكون بمفردها على مستوى $م ن$ الموازي لجميع القطوع المذكورة

ولترسم على السطح المذكور عدة مخفيات مثل $ا غ ب$ و $ا غ ر$ الخ مارة بنقطة $غ$ وعند من هذه النقطة عدة مماسات للمخفيات المذكورة وحيث أنه يتعذر مرور خط مستقيم بين مماسين ومخفين لزم أن تكون هذه المماسات موضوعة على مستوى $م ن$

فلذا كان المستوى المماس في نقطة $غ$ لسطح $ا غ ب$ مشتملا على جميع المستقيمت المماس في نقطة $غ$ للمخفيات على اختلافها المرسومة من هذه النقطة على السطح المذكور ويلزم مع ذلك أن نستثنى النقط البسيطة كراس المخروط وغير ذلك لكن هذه النقط هي دائماً مستثنيات على السطوح أي لا يلتفت اليها

ولنخسل لذلك بالكرة فنقول تكون قطوع $ا ب$ و $ث د$ و $ه ف$ المتوازية (شكل ٨) دوائر مراكزها $و ز و$ موضوعة على خط مستقيم وهو $و ز و$ الخ $غ$ عمودي على مستوى سائر الدوائر وماربمركز الكرة فإذا ممددنا من نهاية نقطة $غ$ لهذا المستقيم مستوى $م ن$ موازاً للمستوى القطوع وعمودياً على $و غ$ فإنه يصير مماساً للكرة

وبيان ذلك أن كل نقطة من هذا المستوى تكون أبعد عن المركز من نقطة $غ$ فنكون ضرورة خارج الكرة فاذن لا يمس المستوى المذكور الكرة الا في نقطة $غ$ وكل مستو ممتمد من $غ$ و $غ$ يقطع الكرة في دائرة قطرها $غ و غ$ ومماسها في نقطة $غ$ عمود على $غ و غ$ والاعادة التي في نقطة $غ$ على مستقيم $غ و غ$ موضوعة في المستوى العمودي على الخط

المستقيم المذكور ومارة بنقطة $\overline{ع}$ فاذن يحتوى المستوى المماس وهو $\overline{م ن}$ على جميع مماسات دوائر انصاف التهار الى قطرها $\overline{ع و غ}$ وتظهر ذلك في سهولة البرهنة عليه هو ان $\overline{ك ل}$ دائرة صغيرة مرسومة على الكرة من نقطة $\overline{ع}$ يكون مماسها في هذه النقطة موضوعا ايضا على $\overline{م ن}$

وكل خط مستقيم مثل خط $\overline{ع و غ}$ (شكل ٨) عمودى في نقطة $\overline{ع}$ على المستوى المماس سواء كان في السطوح او الخطوط يسمى بالخط العمودى

ولنطبق هذه المسائل الاولى على السطوح بانواعها التى تقدم ذكرها في الدروس السابقة فنقول

(بيان المستوى المماس للاسطوانة)

لنفرض اسطوانة كاسطوانة $\overline{ا ب ث ا ر ث}$ (شكل ٩) المنتهية بقاعدتين موضوعتين في مستويين متوازيين سائر خطوطهما المتقابلة متوازية ايضا فاذا كان $\overline{ب ر}$ ضلعافان مماسى $\overline{م ب ن}$ و $\overline{م ر د}$ للمخنيين في نقطتي $\overline{ب ر}$ يكونان متوازيين ومن هذا القبيل كل خط مثل $\overline{م ر د}$ مماس للمخني $\overline{ا ر ث}$ الموازى للقاعدتين المذكورتين حيث ان نقطة $\overline{د}$ موضوعة على ضلع $\overline{ب ر}$ ويحدث عن تسلسل مماسات $\overline{م ب ن}$ و $\overline{م ر د}$ و $\overline{م ر د}$ المتوازية التى تمر بضلع $\overline{ب ر}$ الذى هو خط مستقيم مستوي يكون مماسا للاسطوانة في سائر امتداد الضلع المذكور

(بيان رسم المستويات بالاسطوانات المماسية)

قد يصنع الخبز الذى يدبر نشابته بالتوازى من العجين مستويا يكون مماسا بالتدريج لكل ضلع من اضلاع السطح الاسطوانى للنشابة وكذلك البستانجى في عمل طرقات البستان وحياضه فانه يصل الى النتيجة المذكورة بتدوير الاسطوانة المسماة بالزحافة على تلك الطرقات والحياض

في كل ما تمهدت الارض واستوت صارت مماسة للزحافة في امتداد الاضلاع المختلفة لهذا السطح

وقد يعلق العربات صانعيها بواسطة سيور من الجلد من كل جهة (شكل ١١) فتكون هذه السيور تابعة للذات الاسفل الاسطوانى من صندوق العربية وتمتد بحيث يكون سطحها الاعلا على هيئة سطح مماس لصندوق العربية فاذا اهتز الصندوق من الامام الى الخلف فانه اما ان يتقدم او يتأخر على المستوى المماس المذکور الذي لا يعتبر اهتزاز من احدى جهتيه دون الاخرى لكونه على حد سواء من الجانبين ومثل هذا الاهتزاز مفرع لكونه يحصل على حين غفلة في العربات الغير المعلقة

(بيان رسم الاسطوانة بالمستويات المماسية)

انما ذكرنا الطريقة التي ذكرناها في الدرس الذي تكلمنا فيه على الاسطوانات من حيث تفصيل مجسم صلب يكون سطحه اسطوانيا فنقول نرسم القاعدة على طرفي قطعة من الخشب او الحجر رادئحتها على هيئة شكل اسطوانى ثم نرسم شكلين مضلعين مرسومين خارج الدائرة على هاتين القاعدتين وزيادة على ذلك تكون اضلاعهما المتقابلة متساوية ومتوازية ثم نمر بواحدة المنشار او القارة او اى آلة صالحة لتفصيل السطوح بمستويات بين الاضلاع المتوازية من المضلعين المذكورين فيحدث عن ذلك مفشور ذو اضلاع كثيرة مرسوم خارج الاسطوانة وذلك لان اوجبه المتنوعة تكون مماسة لسطح الاسطوانة فاذا ازلنا المنشار او القارة او فحو ذلك اضلاع المفشور صنع مستويات جديدة مماسة للاسطوانة فكلما كثرت هذه المماسات اخذت المناشير المطلوب علمها في مماثلة الاسطوانة ومسايرتها

(بيان المستويات المماسية للمخروط)

انما ندناضلع ض ا ب ث على المخروط (شكل ١٢) فان جميع الخطوط المماسية في نقط ا و ب و ث للقطوع المتوازية وهى ١١ و ب - و ث ث تكون موازية لبعضها ويحدث عن جميع هذه

المماسات بمستوى **ح ح م ن** المماس للضروط في جميع امتداد ضلع
ص ا ب ث

(بيان اجراء العملية)

يسوغ لنا بواسطة خاصية المخروط عند رسم كثير الاضلاع المرسوم خارج
القاعدة أن نرسم شكلا هرميا اوجبه مماسة للضروط في سائر طولها فاذا
اصلحنا على التوالي بالانشار والقامة او نحوهما اضلاع شكل الهرم المذكور
لنعشقها بمستويات جديدة مماسة فان عدد اضلاعه يأخذ في الزيادة فيقتد
يكون رسم السطح الذي هو عبارة عن المخروط مضبوطا على الوجه المطلوب
(راجع الدرس العاشر)

(بيان المستويات المماسية للسطوح المنتشرة)

اعلم ان الخاصية الموجودة في المستوى المماس وهي كونه ممس الاسطوانة
والمخروط في جميع امتداد ضلع من اضلاعهما ثابتة ايضا للسطوح المنتشرة
على اختلاف انواعها ويمكن اعتبار هذه السطوح كأنها مصنوعة من عدة
اوجه صغيرة مخروطية ضيقة جدا لها مثل اوجه المخروط مستويا واحد مماس
لطول كل ضلع من اضلاعهما ويمكن مر ور سطح منتشر بين منحنين مفروضين
بان نرسم خارج هذين المنحنين عدة اشكال مضلعة كالمستوى الذي يمر في آن
واحد بكل ضلع من اى مضلع كان فيكون هذا المستوى مماسا للسطح المنتشر
واذا استمر على اصلاح الاضلاع الحادثة من تلاقى هذه السطوح فان اضلاع
الاشكال المضلعة المرسومة خارج المنحنين والاوجه المستوية المماسية للسطح
المنتشر المراد تحصيله تزداد وتكثر

(بيان الاسطوانات المماسية لبعضها على حسب اى ضلع كان)

اذا وضعنا اسطوانتين قائمتين مستديرتين مثل **ا ب ث د و ب ث ه**
بجوار بعضهما (شكل ١٠) بحيث يكون محوراهما متوازيين
وبعد هما يساوى مجموع انصاف اقطار قاعدتيهما فان هاتين الاسطوانتين
يتماسان في جميع امتداد ضلع **ب ث** وحيث يكون السطحين

محاس واحد في امتداد هذا الضلع ولنفرض الآن ان في كل من مقدم الاسطوانتين ومؤخرهما لوحا قريبا اتجاها اعلاه هو عين اتجاها هذا المستوى فاذا وضعنا لواح معدنية على اسد اللوحين وجعلناه يربين الاسطوانتين اللتين على بعد واحد من بعضهما فان اللوح المعدني يمهّد بحيث يكون الوجهان المتوازيان مستويين محاسين فالوجه الاعلا يكون محاسا للاسطوانة العليا والوجه الاسفل يكون محاسا للاسطوانة السفلى وعلى ذلك تكون عملية جلب اللوح المعدنية بواسطة الاسطوانات مبنية على خاصة المستويات المماسة للاسطوح الاسطوانية

(بيان المخاريط والاسطوانات المماسة لبعضها في اى ضلع كان) *

اذا كان لاسطوانة ك اسطوانة ا ب ث د ومخروط ك مخروط ا د ه (شكل ١٣) ضلع واحد مثل ا د ولهما في د محاس واحد وهو م ر خ فان المستوى الممتد من م ر خ ومن ضلع ا د يكون في آن واحد محاسا للمخروط وللأسطوانة في سائر امتداد ضلع ا د فاذن تكون الاسطوانة والمخروط المذكوران محاسين لبعضهما في سائر امتداد ضلع ا د

وقد يستعمل الحدادون والسمكة والنجاسون الخاصة المذكورة في تقويس الواح النحاس والصفيع على هيئة اسطوانية فيضعون اللوح بحيث يكون اتجاها اضلاع الاسطوانة هو عين اتجاها ضلع السن المخروط من لبلابة السندان المرموز لها بحروف ا د ه ثم يقوسون ايضا بواسطة مطرقة طرفها مقعر على صورة اسطوانية اللوح في سائر طول الخط المستقيم الذي بموجبه يمس المخروط اللوح المطلوب تقويسه فبذلك يتحققون من ان سطوح الواحهم اسطوانية وبهذه المثابة تكون صناعة السطح المخروطي وكل سطح منتشر بشرط الزيادة والنقصان في تقويس اللوح المعدني تدريجا بقدر بعددق المطرقة على ضلع الالتصام وهو ا د من رأس ا او قربه منه

* (بيان الاسطوانات المماسة والمكتنفة بسطوح اخر) *

اذا فرض ان خطا مستقيما موازيا دائما لاتجاهه الاصلي ياخذ في الامتداد وهو باق دائما على مماسة سطح مفروض فانه يحدث عنه اسطوانة تكون مماسة للسطح المفروض في جميع التسلسل الناتج عن نقط التماس الموجودة بين اضلاع الاسطوانة والسطح المذكور

* (بيان الاسطوانات التي تكشف الكرة) *

لفرض ان هناك كرة مثل ا - ب - ج (شكل ١٤) وان هناك خطا مستقيما مماسا دائما للكرة يتحرك وهو مواز لهورمتمد من مركز الكرة فيحدث من هذه الكيفية اسطوانة قائمة مستديرة تمس الكرة في جميع امتداد دائرة ا م ب الكبرى وبذلك يمكن تقدم الكرة في الاسطوانة او تأخرها بان تكون مماسة لها بلا تقاطع في دائرة موازية لدائرة ا م ب وعودية على محور الاسطوانة

* (بيان اجراء عملية ذلك) *

للفاصية التي ذكرت آنفا مدخل عظيم في الفنون فكلما وجه الانسان كرة بالنظر لهورمستقيم مثل س و ص فانه يجعلها تتحرك في الاسطوانة المكتنفة بها وتتمسك في جميع جهاتها

وهذه هي القاعدة التي نشأ عنها شكل اسلحة النار كالبنندق والطبجات والمدافع والابوس والاهوان التي صورة سطحها الداخلي كصورة الاسطوانة القائمة المستديرة واما الرصاص والكل والقنابر ووجه الابوس التي يراد احكام اتجاهاها فهي اكرتبع عند رميها اتجاها محورا لاسطوانات

* (بيان معيار الكرة) *

لاجل ان نتحقق اولاً ان الكل ليست كبيرة القطر بحيث يمنع ذلك من دخولها في الآلة المعدلة لها وثانياً انهم ليست صغيرة جدا بحيث لا يحصل معها اضطراب الرمي وتحريمه تستعمل قطارات (شكل ١٥) ليست الاسطوانات مستقيمة مستديرة فاعلمها صغيرة جدا فيمسك الطيحي باحدى يديه قبض

النظارة وهو \overline{AB} و \overline{AR} ويدبر بالآخرى الكلال على سائر جهاتها
 لينظر هل يمكن ادخالها في النظارة المذكورة ام لا وهل في الصورة الثانية
 يكون بينها وبين النظارة فراغ ام لا وهذا هو المسمى بكيفية معرفة عيار
 الكلال

(بيان اجراء العملية في الظلال)

يشاهد في الكائنات كل وقت صورة على شكل السطوح الاسطوانية
 المصنوعة من الخطوط المستقيمة الموازية لبعضها المماسية لسطح واحد
 فاذا كان جسم محدّد بسطح مخن مضياً بالشمس وكان غير شفاف فانه يجب
 الضوء عما وراءه وتكون الاشعة الفاصلة بين الظل والجزء المضىء بالشمس
 هي ضرورة عين الاشعة التي تمس ذلك الجسم بدون ان يحجبها فهذه الاشعة
 المتوازية تكون مماسة لسطح الجسم فاذن يحدث عن مجموع النقط التي تحدّد
 الظل المنعكس في الفراغ جسم اسطواني جميع اضلاعه مماسة لذلك الجسم
 ويحدث ايضا عن مجموع نقط تماس سطح الجسم والاسطوانة التي تحدّد الظل
 المنعكس بهذا الجسم خط مخن وهو الخط الفاصل بين الظل والضوء على سطح
 الجسم المضىء

واذا اردنا ان نحدّد على مستو ما مع غاية الضبط ظل أي جسم كان فانه ينبغي
 انشاء الاسطوانات المصنوعة على هذه الكيفية بمماسات لسطح الجسم موازية
 لاتجاه اشعة الشمس المفروض ثم تحدّد تقاطع هذا السطح الاسطواني بسطح
 الاجسام المنعكس عليها الظل وهذا مبحث مهم جدا للمعمّرجي والرسام
 فاذا قدمنا واخرنا الجسم المضىء موازيا لنفسه في اتجاه عين باشعة الشمس
 فان كل نقطة من نقطه ترسم خطا مستقيما موازيا لهذه الاشعة فاذن تكون
 جميع نقط الجسم الموضوعة على الاسطوانة التي تحدّد الظل المنعكس على
 الجسم تابعة لاتجاه الاشعة المذكورة المماسية بلا انقطاع لسطح الجسم ولا تزال
 الاسطوانة تحدّد الظل المنعكس بالجسم وهذه الاسطوانة التي تحتاطد دائما
 بالجسم في سائر اوضاعه تسمى بالنسبة له سطحا مكثفا

فعلی ذلك تكون الاسطوانة القائمة هي السطح الذي يكتشف الكرة المتحركة على خط مستقيم والباقية دائماً على قطر واحد وعليه فتكون خزانة المدفع والهون سطحاً يحيط بالفراغ المقطوع بالكلية

ويمكن ان يحفر في اى جسم سطح اسطوانى يكتشف الكرة التى نصف قطرها لا يتغير ويكون مركزها متحركاً على خط مستقيم كما يحصل ذلك عند ضرب الرصاصة في جسم لين غير سريع الانكسار

وبعكس ذلك يمكن أن نصنع كرة بتدوير اسطوانة ما حول خط مستقيم عمودى على محورها وماراً به وبحسب وضع الاسطوانة يكون محورها مماساً لدايرة كدائرة نصف النهار فيحدث عن اجتماع دوائر انصاف النهار نفس الكرة المذكورة فاذا فرضنا ان دوائر انصاف النهار المذكورة مرسومة على القرب من بعضها امكن ان نضع عوضاً عن الاسطوانة المماسية اضلاعاً اسطوانية منحصرة بين دائرتى نصف نهار متواليتين فيكون هذا من مصادقات القاعدة التقريرية التى ذكرناها في الدرس الحادى عشر

وبالجملة قد تستعمل الطرق المذكورة اولاً في رسم سطوح على اى شكل اتفق بسطوح أخرى متشابهة من جميع الجهات ويمكن تحريكها في اتجاه مواز لاضلاع الاسطوانة وثانياً في رسم سطح ما بواسطة جملة اسطوانات تمسه في كل من اضلاعها

*** (بيان اجراء العملية في فن النجارة) ***

اذا لزم للنجار ان ينظم اجزاء بارزة بالخراطة على حسب محيط مركب من جملة خطوط منحنية فانه يأخذ قارة حديدية يكون على هيئة قطع شكل الخراطة وخشبها مفصل على حسب سطح اسطوانى قاعدته القطع المذكور ثم يحركه قارة ويجعلها مماسة دائماً للمحيط الذى يتبعه الخرط ففى هذه الحركة يصير السطح الاسطوانى القارة بالتوالى مماساً للخراطة المصنوعة فى سائر امتداد القطع الناتج من حديد القارة وتكون الخراطة هي السطح المكتشف للاسطوانة التى بينها خشب القارة

وقد ظهر لنا من السطوح المخروطية ملحوظات ونتائج متشابهة
فنفرض اننا نأخذ من نقطة مفروضة مثل ض (شكل ١٦) على كرة و جميع
محاسات ض ا و ض ب و ض ث الخ الممكنة فيحدث لنا مخروط
قائم مستدير محاس للكرة المذكورة في سائر امتداد دائرة ا ب ث د
المستعملة قاعده للمخروط فاذا ادبرنا دائرة ا ب ه الكبرى على محور
ض و الممتد من نقطة ض ومن مركز الكرة وهو و حدث عن
الدائرة المذكورة الكرة وعن محاسيها ض ا و ض ب المخروط
المذكور

فاذا تحرك مركز و على محور ض و مع ازدياد نصف قطر الكرة
او نقصانه بالنسبة الى بعده من نقطة ض فانه بالنظر لخاصية الاشكال
المتشابهة تكون اضلاع ض ا و ض ب و ض ث الخ من
مخروط ض ا ب ث د محاسه للدائرة المتقدمة فاذا يكون هذا المخروط
محتويا على المسافة التي تقطعها الكرة المتحرك مركزها على خط مستقيم ويرداد
نصف قطرها او ينقص بالنسبة لبعده المركز من نقطة ثابتة من نقط الخط
المستقيم المتقدم

واذا جعل محل الكرة سطح منحن حيثما اتفق امكن ان نرسم من كل نقطة
موضوعة خارج السطح المذكور جميع الخطوط المستقيمة التي تكون اضلاعا
للمخروط الذي يمس السطح المذكور في كل من اضلاعه فاذا كانت النقطة
المجعولة رأسا للمخروط نقطة مضيئة فان المخروط المصنوع على الوجه المتقدم
يبين خلف الجسم حد الظل المنعكس بالجسم المذكور واذا رسمنا مع الدقة حد
الظل المنعكس بالجسم المتقدم على اى سطح كان لازم تعيين تقاطع هذا السطح
مع المخروط المحدد للظل الحادث من الجسم المنير
(بيان الكسوف)

اعلم انهم توصلوا بتطبيق هذه القاعدة على علم الهيئة الى تحديد شكل الكسوف
ومقداره ولنفرض ان القمر في مروره بين الارض والشمس يكاد يكون على

خط مستقيم فاذا فرضنا ان القمر والشمس كرتان فاننا نرى مخروطا قائما مستديرا
 محتويا على الكوكبين المذكورين ويعين في السماء حد الظل المنعكس بالقمر
 وكلما مكنت الارض بتمامها خارج هذا المخروط المثل فان الشمس لا تنكسف
 بخلاف ما اذا دخل جزء منها في المخروط المذكور فان هذا الجزء يمنع عنه ضوء
 الشمس وتنكسف الشمس بالقمر وهذا هو المسمى بالكسوف واذا عيننا
 في كل لحظة من مدة الكسوف وضع كل من الكواكب الثلاثة على حدة
 وتقاطع سطح الارض مع المخروط المحتوي على الشمس والقمر فان هذا
 التقاطع يبين على الارض مسافة ما ويلحق الاماكن التي في هذه المسافة
 الكسوف الكلي في الحالة المذكورة وبالجملة اذا رسمنا جميع التقاطعات
 المفروضة في الاوقات المختلفة التي يستغرقها كسوف واحد فان النقط التي
 تكون خارجة عن تلك التقاطعات المتنوعة لا يحصل لها الكسوف الكلي
 واما النقط الاخر فانه يحصل لها ذلك ويمكث مدة طويلة او قصيرة وبهذه
 الطريقة يؤخذ من الهندسة جميع الاحوال التي يحصل فيها كسوف الشمس
 وتعين بها مع السهولة الاحوال التي يخسف فيها القمر

فاذا كان مخروط قائم مستديرا ينكسف سطح الارض والشمس معا فانه ان دخل
 القمر في المخروط المثل المنعكس بالارض حصل للقمر خسوف وان دخل
 القمر بتمامه في المخروط كان ذلك هو الخسوف الكلي واما اذا لم يدخل في ذلك
 المخروط الا جزء من القمر فان ذلك يكون خسوفا جزئيا وفي هذه الصورة
 الاخيرة نعرف في اي زمن فرضناه شكل الكسوف ومقداره بتحديد تقاطع
 المخروط المحيط بالشمس والارض مع سطح القمر

واذا فرضنا جسما حيثما اتفق ومدنا عليه كما مر في شان الشمس اشعة نظرية
 مماسة له فان هذه الاشعة تعين على هذا الجسم حد النقط التي يمكن مشاهدتها
 وهذا ما يسمى بالمحيط الظاهري للجسم الذي فرضناه

وفي التصوير يرسم على سطح اللوح المحيطات الظاهرية لاي جسم كان وهذا
 هو تقاطع ذلك السطح مع سطح المخروط الذي اضلاعه مماسة للجسم المذكور

قد أسسه موضوعة في مركز النظر فاذن تكون معرفة المخاريط المحيطة
بالاجسام لازمة لزوما ضروريا في تصوير الاجسام المنتهية بخطوط
مستقيمة

ومتي اضاءت كرة منيرة مثل وا - (شكل ١٩) على كرة اخرى مظلمة
مثل واب امكن ان تصور اولاً مخروطاً مثل ض ا ا ب -
يكشف الكرتين معا ويرسم على كرة واب خط الانفصال الذي بين الظل
والنور ويمكن ايضا ان تصور مخروطاً ثانياً مثل م د ط م ن موضوعاً
بين الكرتين المذكورتين فتكون مسافة س م ن المختصرة في هذا
المخروط الذي فوق الكرة الواقع عليها الضوء مشرقة على الكرة المنيرة بتمامها
غير انه لا يمكن ان نشاهد من كل نقطة من مسافة ا م ن ب الاجزاء
واحد من الكرة المضيئة فاذن يكون هنالك ظل جزئى ويسمى عند ارباب هذا
الفن بالاسم المذكور فاذا اريد رسم ظل عدّة اجسام مع الدقة لزم ان نبين مع
غاية الاهتمام الظلال وما استضاء منها من الظلال الجزئية ويتوصل الى ذلك
بطرق تشبه الطرق التي ذكرناها آنفاً

فلو لم يكن سطحاً اور - و اوب متشابهين لما امكن ان المخروط الواحد
يحيط بهما معا على وجه التماس بل يكون سطحاً منتشراً يمكن رسمه بان نفرض
ان اى مستوي يكتس مماساً للسطحين المذكورين معا ويرسم مع التماقب جميع
الاضلاع الملائمة لذلك وفصل في كل وضع بالخط المستقيم النقطتين اللتين يكون
فيه المستوى مماساً للسطحين فيحدث عن مجموع هذه الخطوط المستقيمة سطح
منتشر يكون فاصلاً بين الظل والنور من الظلال واجزائها المستنيرة على
ما يقتضيه وضع الظل خارج الجسم المنير والجسم الواقع عليه الضوء او مروره
بينهما ولقد تأسفت على كون ما اودعته في هذا الكتاب المختصر من الحدود
والمبادئ يمنع من التطويل في الكلام على هذه الخواص المستحسنة المتعلقة
بالسطوح المنتشرة

واذا اريد تحصين اى ثغر فانه ينبغي تحصين خارجه بحيث لا يمكن في مسافة

مرمى المدفع ان ترى مع الاستقامة جسما من الاجسام المعتة للرماية فوق
بسطة الحصون التي عليها المحافظون فتصور سطحا منتشرا مماسا لساهاق
الحصن ولرأس الارض التي تكتنف الثغر بقدر مرمى المدفع وينبغي ان لا يقطع
السطح المنتشر بالكلية الارض التي فيها المحافظون ولا السطح المرتفع عن
الارض بقدر قامة الانسان المعتادة فاذا وفي هذا الشرط فان داخل الثغر
يسمى سردابا او مضيقا ولهذا سميت القواعد الهندسية المستعملة للتوصل الى
هذه النتيجة بقواعد عمل المضيق

ويكثر استعمال المخاريط المكتشفة في الفنون لتحديد اشكال الاجسام فان صانع
القباقيب يستعمل فصلة مستقيمة حادة مشدودة من احد طرفيها بنقطة
ثابتة ومن الطرف الاخر لها قبضة يقبض عليها يده اليمنى ويحكم يده
اليسرى وضع قطعة الخشب التي يريد صنعها ثم يقطبها بالالة المذكورة فينشأ
عن هذا القطع في كل مرة سطح مخروطي مماس للقباب في جميع امتداد خط
منحن وينتج عن مجموع هذه الخطوط المنحنية المقطوعة بهذا الوجه عين سطح
القباب وهو السطح الذي يكتنف جميع المخاريط المرسومة بالالة
المذكورة

واذا اراد الخراط صناعة جسم على صورة سطح دوران فانه يأخذ اولا
آلة قليلة العرض ليصنع بهاء طوعا تسكادان تصل الى محيط هذا السطح ثم يأخذ
مقراضا مستويا متسعوا ويجعله في اتجاه مماس للمحيط الذي يكون للسطح
المذكور فكما يضع المقراض في محل يرسم بواسطته مخروطا ويحدث عن مجموع
هذه المخاريط المصنوعة بنقل الالة قليلا قليلا واتجاهاها عدة مناطق
مخروطية مماسة لسطح الدوران في سائر جهاته وتلك المناطق مظلوفة
في المخاريط وناشئة عنها

وقد تكون جلب البراميل والصواري المجمعة مخاريط مماسة لسطوح الدوران
المستعملة في الصواري والبراميل

ومن الطرق المتنوعة المستعملة في رسم السطوح ما يزيد في استطلاة اى جهة

من الجهات وزيادتها على اصلها قليلا او كثيرا فتقل منفعتها او تكثر على حسب ما تقتضيه ضرورة نتائج الصناعة

ولنتكلم الآن على السطوح المكثفة التي يمكن صناعتها بنى بعض خطوط توصل بها السطوح المراد جعلها مكثفة فنقول

لنفرض خطا غير قابل للامتداد يدل على محور اسطوانة او مخروط مستدير او غير ذلك من سطوح الدوران ولنفرض ايضا ان المطلوب ربط مركز اى كرة بهذا الخيط يكتنفها اسطوانة على وجه التماس او مخروط او غيره من سطوح الدوران ثم نبنى الخيط المذكور على حسب خط مخن فلا يكون السطح المكثف لجميع الاكر على شكل اسطوانى ولا مخروطى ولا اى سطح دوران كان وانما يكون سطحا مركبا من جلة دوائر كل واحدة منها تكون مشتركة بين الاكر والسطح المكثف

ومضى ان نبنى محورا لاسطوانة كان السطح المكثف مصنوعا من جلة دوائر مساوية للدائرة الكبرى من الاكر المتساوية التي كانت في مبداء الامر محاطة بالاسطوانة المذكورة ثم ان مستوى هذه الدوائر كلها عمودى على النجى الحادث عن المحور المنثنى ومركزها موضوع على هذا المحور

ثم ان اعوجاج الالميق هو من قبيل السطوح المكثفة يتكون اولا من اثناء محور الاسطوانة على حسب محيط شكل حلزوى اسطوانى وثانيا من غلاف جميع الاكر المتساوية التي مراكزها موضوع على هذا المحور

وكذلك القبو المستديرة من السلام الدائرة المنعطفة تكون غلافا لالاكر المتساوية التي مراكزها على محيط شكل حلزوى تكون درجه مساوية لدرج السلم

وعند برم الحبال ذات البتوت الثلاثة التي كل بت منها على حدة يكون ايضا البرم غلافا للمسافة المقطوعة بالدائرة التي مراكزها تابع للنقط الحلزوى المرسوم في وسط البت

ومن دود الحرير وغيره من الهوام ما هو متركب من حلقات قصيرة شكلها

اسطوانى ومفاصله تنكش وتبسط على حسب ارادته وعند ثنى هذه الهوام
يتراى ان جسد هالا يبنى على صورة واحدة ومع ذلك فلا يدان يكون على صورة
سطح من السطوح التى نحن بصدد ها

واذا ثنى محورا الاسطوانة القائمة المستديرة على حسب دائرة اقلب الى سطح
دوران وهو السطح الحلقى الذى تقدم ذكره فى الدرس الحادى عشر وذكرنا
مستطبيه وكيفية رسمه

والسطوح المحيطة بكرة نصف قطرها واحد لا يتغير خاصية وهى انه اذا قطعت
اجزاؤها كل على حدته بسطح مستو عمودى على النخى الذى هو محل مراکز
الاکر حدث عن ذلك شيئا نأحدهما ان المستوى يكون من سائر جهاته عمودا
على الغلاف والثانى ان القطع يكون متحد القدر لانه هو الدائرة الكبرى للاکر
المساوية

واذا اريد تسمير مقدار من الماء فى قناة ذات قطوع مستديرة لزم ان يكون قطع
القناة واحدا من جميع جهاته اذا اريد سيره على حركة واحدة فى جميع اتجاهه
بحيث لا يعترضها اختناق ولا توقف فى اى مكان كان وينبغى حينئذ ان يكون
سطح القناة المذكورة غلافا للكرة الى نصف قطرها ثابت وينبغى ايضا ان يكون
قطع القنوات المعدة لجريان المياه على شكل منحن او مضلع مسطبعه ثابت
لا يتغير وكذلك ينبغى لاجل انتظام ذلك وسهولة العملية ابقاء القطع على شكل
واحد ما عدا الاماكن التى يتعذر فيها ذلك لوجود مانع لا يمكن ازالته

وسنذكر فى الكلام على مراکز الثقل فى الجلد الثانى (عند ذكر الآلات)
طريقة سهلة فى تحديد حجم الاجسام والابعاد المحددة بسطوح القنوات التى
ينأحدها قريبا وانما نذكر هنا طريقة مختصرة سهلة المأخذ مضبوطة كثيرة
الاستعمال فى القنون فنقول

قد يصنع الحداد والمرصان وصانع الزجاج وصانع القرفورى والنحاس من
محصولات صنائعهم اشياء كثيرة على شكل سطوح القنوات فانهم يصنعون
اولا مناشيرا واسطوانات مصمتة او مجوفة ويجعلون لها نوع انعطاف وغرضهم

من ذلك ان تبقى الاجسام التي يثنونها بهذه الكيفية على شكلها الثابت الذي عليه القطوع المعترضة

ومن هذا القبيل الذي نحن بصدده الابرشيات والحلقات والاطواق المتخذة من الحديد والنحاس وغير ذلك وبريمات السدادات والبيات التي على شكل حلزوني والقصببات الملتفة لفامخنيا والانابيب وزجاجات البارومتر واوردة الاجسام البشرية

وقد ذكرنا في الكلام على تقاطع السطوح انه يمكن رسم السطوح المضاعفة الانحناء بالحلقات والخرجات الاسطوانية او المخروطية كجذع الاعمدة مثلا وانما ينشأ عن هذه الطريقة في السطوح القنوية خلل وهو ان جهة الطول تكون غير متصلة ببعضها وان القطوع في الجهة المعترضة تكون غير ثابتة وهما الممدن يصنع فيها السمك كرية والنحاسون الصفايح المعدنية صناعة مخصوصة فيجعلون لها انحناء مضاعفا وييقون قطعها على انتظامه واستمراره في جميع اجزائه وسمك كرية مدينة ليون في هذا المعنى امهر من سمك كرية مدينة باريس

ثم ان مهندسى القناطر والجسور لهم في رسم الاجزاء المنحنية من قنواتهم قواعد هندسية مخصوصة والقصد منها ابقاء التقاطع على شكله الثابت وجعل صورة الاشياء التي يرسمونها عمومية من جميع الجهات على سطح القناة وعوضا عن ان نفرض ان سطح الجسم الثابت يقطع بعض مسافات يطلب البحث عن غلافها نفرض ان السطح المتحرك يتغير مقداره بدون تغير شكله والاسهل في ذلك الكرة التي تكلمنا عليها في (شكل ١٦) لان نصف قطرها يتغير بخلاف مركزها فانه يقطع خطا مستقيما وقد تقدم لنا ان الغلاف هو سطح دوران وان كل كرة يمسها ويحيط بها سطح الدوران المذكور على حسب اى دائرة لان هذه الدائرة متوازية ويحدث عن تعدد الدوائر المتوازية سطح الدوران

ولنفرض الان ان مركز هذه الكرة ثابتة على محور سطح الدوران فنحن هنا

المود على حسب خط منحن اياما كان فيختلف عظم الغلاف الذي حدث
في الاكر باختلاف قفس الاكر المذ كورة الا انه يس ويحيط د آتما كل كورة على
حسب الد آثرة وفي الكائنات كثير من نوع هذه السطوح

فان الثعبان اذا امتد على الاستقامة كان شكله سطح دوران شبيها بسطح
المخروط الممتد وكلما تاني عرض لسطح جسمه شكل جديد ومع ذلك فيحدث
عنه د آتما غلاف جله من الاكر التي يمكن للانسان ان يتصور انها محاطة على
وجه التماس بسطح جلده

ولما كان شكل الثعبان له اثنا آت وتعريجات قلده ارباب الفنون حيث
جعلوا على شكله آلة المويستي التي تسمى بالسريان (شكل ١٧) والتغير
(شكل ١٨) وفيه الصيد (شكل ٢١) وبريمات السدادات وغيرها
فاذا فرض ان الثعبان ينثني على شكل حلزوني بحيث يكون ذنبه مركزا
كافي (شكل ٢٠) كان سطح جلده مشابها لسطح كثير من الصدف على
اختلاف انواعه

ثم ان اغلب اطراف قرون الحيوانات على شكل سطح من السطوح المذكورة
(شكل ٢٢)

وقد جعل ارباب الفنون على شكلها جله من الات المويستي كنفي الجيوش
الخفيفة فان سطحه من هذا النوع وكذلك يوق انعكاس الصوت فانه ايضا على
هذا الشكل

ولاجل صناعة آلات الالحان التي نغماتها جامعة بين الدقة واللطافة يلزم
ان يكون سطحها المنحني ممتدا ومتناسقا وعليه فيجب ان ينتخب لصناعتها طرق
تبقى هذا التناسق في جهة الطول التي يوجهها يدفع الهواء في الآلة وفي الجهة
المعتزلة التي يكون القطع فيها د آتما متديرا

وقد تستعمل الطرق المتنوعة التي ذكرناها في عمل جله من السطوح لمعرفة
صحيح الطرق المستعملة عند صناعات آلات السابقة من فاسدها وتبديلها
في الغالب بطرق أخرا صم واضبط منها

(بيان اجراء عملية الصقل والجلي وغير ذلك)

لا يكفي ان تقتصر في الفنون على ان تحصل بواسطة الطرق البديعة صحة الاشكال سواء بلغت الغاية اولابل ينبغي ان السطوح المصنوعة بهذه الطرق ولو كان الغرض منها مجرد سرور الناظر تكون متناسقة مصقولة بحيث يكون انتظام ذلك وروعة مستلزما لزيادة قيمة محصولات الصناعة ومن ثم ظهرت العمليات الاخيرة المستعملة في جملة من الفنون للصقل والجلي وغير ذلك ولهذه العمليات عذرا جراثمها حركات يرسم فيها الجسم الصاقل سطوحا مماسة للجسم المراد صقله بحيث يكون الجسم الاخير غلافًا للمسافات المقطوعة بالجسم الاول

واذا اقتضى الحال جلاء مسورة بندقة فاننا نضع قطعة خشب مستوية جيدة الصقل مماسة للخروط الناقص الذي هو عبارة عن ظاهر البندقة ونسيرها على حسب اتجاه اول ضلع من المخروط فتكون حينئذ المسافة المقطوعة هي المستوى المماس للخروط وتكرر هذه العملية في سائر اضلاع المخروط يكون ذلك المخروط غلافًا لجميع المستويات المماسية فاذن يتم جلاء البندقة

ولاجل صقل الكرة نضعها في اسطوانة بحيث يمكن تدعيمها وتأييدها وتقليلها على سائر جهاتها ولا مانع من وضعها على دولاب يمر محوره بمركزها ثم نديرها تحت آلة صقل مستوية نوضع تدريجًا في مواضع مختلفة مماسة لهذا السطح فهذه الكيفية نصقل الكرة بواسطة المخاريط التي غلافها تلك الكرة

ونصقل المرأة الكبيرة بمسحها بسطوح يكون مستويها المماس في جميع اوضاعها هو المستوى المراد صقله ومن هذا القبيل انواع الزجاج المستوية والكروية المستعملة عند صناعات آلات النظر في عمل آلاتهم

واذا مسح فجار السفن واصلح به دومه جانب السفينة فانه يزيل كلما ضرب بهذه الآلة الخشب الزائد على حسب شكل سطح دوران مماس للسطح المراد تصليحه اعني سطح السفينة المصقول ويكون هذا السطح في الحقيقة غلافًا لسطوح الدوران الحادثة من ضرب القدوم

واعلم ان ما ذكرته لك وان كان موجزا مختصرا جدا الا انه يكفي ارباب الفنون ان يستنبطوا منه ان الاشكال الهندسية التي تميز الخطوط من السطوح يطبق عليها بدون واسطة العمليات المتنوعة المهمة في اغلب الفنون وانه لعدم التفاتنا الى اشكال المحصولات الطبيعية والصناعية لم نشاهد فيها الاشكال الهندسية وخواصها وطرق الرسم واجراء العملية التي تنتج عن هذه الخواص التي لا تخلو عن مدلول

ومنى التفت الصانع بالكلية الى تلك الفائدة الناشئة عن النظر في صور الاجسام تفرغ لمعرفة ثوابها وادوم على تذكرها بحيث لا يمكنه تركها واهمالها فعند ذلك يعتنى بالبحث عن محصولات صنعته كما يعتنى الطبيعي بالاشياء الطبيعية وما احتوت عليه ويلتفت اليها التفاتا كلييا فيعرف النسبة بين ما عرض عليه من الاشياء الجديدة وبين ما مثلها من الاشياء المعروفة عنده من قبل ويعرف ايضا ما بينهما من الاختلاف الذي يعينه على التمييز بين انواعها وافرادها وهذا التفرغ والالتفات ليس مقصورا على مجرد ميل النفس وتوابعها بل يل يترتب عليه نتائج مهمة جدا تكمل بها الصناعة ويمكن الاخبار بوقوعها قبل اوانها

ولا يمكن الوصول في ماى فن من الفنون الى غاية الكمال الا بالمداومة على ممارسة قواعد الرسم الهندسى العجيبة فعلى ارباب الصنائع ان يبذلوا جهدهم في معرفة طرق الرسم المبينة في كتب الهندسة الوصفية فيصلون بها الى معرفة براهن الخواص المقيمة التي لم تعرض في كتابي هذا الا لذكر روس مسائلها وهل ينكر انه لو لم تنتشر معرفة الهندسة الوصفية ورسم الخطوط في فوريقات الافرنج وورثهم لبقيت صنائعهم على حالتها الاصلية ولم تنسج دائرتهم ولم تصل الى هذه الدرجة التي هي عليها الان

(الدرس الخامس عشر)

في بيان انحاء الخطوط والسطوح

اذ افرض اننا نسير على خط منحنى ناظرين دائما الى اتجاه الخط الخامس لهذا

المخفى بالنظر للنقطة التي يكون فيها الانسان فانه لا يكفي ان نستمر على السير الى جهة الامام بل يلزم الانعطاف في كل وقت جهة الخط الداخلى من الخط الواقع عليه السير فاذا ن يكون انحناء هذا الخط مناسباً لمقدار الانعطاف المنقسم في كل مسافة صغيرة تم عبورها

واذا مرنا على الدائرة لاجل قطع اقواس متساوية فانه ينبغي الانعطاف بمقادير متساوية فاذا ن يكون انحناء الدائرة على حالة واحدة في جميع اجزائها

واذا سرنا بالتوالي حول دائرتين غير متساويتين (شكل ١) وكان نصف قطرهما r و R كان 14 ر 3×2 ر هو مساحة محيط الدائرة الكبرى وكان 14 ر 3×2 ر هو مساحة محيط الدائرة الصغرى الا انه اذا قطعنا دائرة بتمامها وسرنا دائرتنا حول محيطها فان مقدار الدور يكون 360° فاذا ن تكون النسبة بين انحنائى θ و ϕ للدائرتين

$$\text{كنسبة } \frac{360^\circ}{2\pi \times 14} : \frac{360^\circ}{2\pi \times 2} \text{ او } :: \frac{1}{r} : \frac{1}{R}$$

فلذا كان محيط الدائرة الصغرى (شكل ١) هو اكبر انحناء من محيط الدائرة الكبرى بالنسبة المنعكسة بين نصف القطر الاكبر ونصف القطر الاكبر فاذا ن تكون النسبة بين انحنائى الدائرتين كنسبة نصفي قطريهما المنعكسة فمن ثم كان كلما كبر نصف القطر صغر انحناء الدائرة حتى يصير غير محسوس

(بيان اجراء العملية في انحناء الارض)

حيث ان نصف قطر الارض يزيد على ستة ملايين من الامتار كانت دائرتها الكبرى اقل في الانحناء بنحو مليون من دائرة نصف قطرها ستة ام تار وتكون ايضا اقل بثمانية ملايين من دائرة كعجلة عربة فلذا ترى انحناءها غير محسوس في المسافات الصغيرة ولا يمكن ادراكه الا في البحار والسهول الواسعة

ثم ان معرفة انحناء الارض يتوصل بها لقياس ارتفاع الجبال والسواحل على وجه التقريب اذا علمت المسافة بين هذه الاماكن والنقطة التي يكون فيها الراصد

ولنفرض مثلاً ان AB هو نصف قطر الارض وان θ (شكل ٢)

هو الجبل الذي رأسه وهي د تغيب عن عين الراصد المنتقل منها الى نقطة ب
 ففي علمنا مسافة ب ث بم ونصف قطر ا ث د امكن معرفة قياس
 مسافة ث د فاذا كانت زاوية ا ب ث صغيرة جدا كارقوس
ب ث مساويا على وجه التقريب الكلى للعمود النازل من نقطة ب
 على ا د وينتج هذا التناسب وهو

$$\frac{ا ب}{ب ث} = \frac{ب ث}{ث د}$$

اعني ان نسبة نصف قطر الارض الى مسافة ب ث التي بين الجبل
 والنقطة التي فيها الراصد كنسبة هذه المسافة الى ارتفاع ث د من الجبل
 وبناء على ذلك يكون ث د = $\frac{ب ث^2}{ا ب}$

ومتي عرف البحارة بطريقة على عكس الطريقة السابقة ارتفاع ث د
 الذي هو ارتفاع صار من صواري السفينة أو اى جزء منها عرفوا مسافة
ب ث التي بينهم وبين هذه السفينة ومثل ذلك مهم جدا في مدة الحرب
 فقد ذكرنا آتفا ان نصف قطر الدائرة هو مقياس المنحناء محيطها ونذكر هنا
 انه يستعمل ايضا لقياس المنحناء الخطوط المنحنية فان قياسه بواسطة الخطوط
 المستقيمة من ابداع المخترعات الهندسية ما في ذلك من الايجاز في العمليات الخاصة
 بالمنحناء فنقول

اذا فرض ان خطا منحنيا كخط ا ا ا ز (شكل ٣) هو المراد معرفة
 المنحناء فاتسنا أخذ نقطة المتجاورة جدا ثلاثا ثلاثا ثم نرسم من ثلاث نقط
 متوالية مثل ا و ا و ا دائرة ا ب ث التي يكون المنحناء لها
 كالمنحناء خط ا ز المنحنى في قوس ا ا ا الصغير ويمكن اجراء هذه
 العملية في اى نقطة كانت ولتين بهذه الطريقة الدوائر التي يكون المنحناء لها
 كالمنحناء الخط المنحنى في سائر نقطتها وانصاف اقطارها فنقول
 كل دائرة مثل ا ب ث كان المنحناء لها في نقطة ا كالمنحناء خط ا ز
 نسمي دائرة مماسة تقريبا من هذا الخط المنحنى ونصف قطرها هو نصف قطر

الانحناء ومركزها مركزه

وحيث ان نصف القطر $عود$ على محيط الدائرة في نقطة $آ$ وليس هنالك فرق بين محيطها في نقطة $آ$ و $أ$ و $أ$ ومحيط المنحنى فانه ينتج من ذلك ان نصف قطر الانحناء $عود$ على المنحنى وانه مقياس انحنائه

ولنفرض اننا مددنا من قط مختلفه كنقط $آ$ و $أ$ و $أ$ (شكل ٤) الشديدة القرب من بعضها خطوطا $عودية$ على منحنى $آز$ واخذنا طولاً كطول $آو$ لنصف قطر الانحناء في نقطة $آ$ وطولاً آخر كطول $أو$ لنصف قطر المنحنى في نقطة $أ$ وطولاً ثالثاً كطول $أو$ لنصف قطر الانحناء في نقطة $أ$ وهكذا حيث ان تقطى $آ$ و $أ$ على قوس الدائرة التي مركزها نقطة $و$ ينتج ان $وا = وأ$ ولذلك ينتج ايضا ان $ووا = ووا$ وان $ووا = ووا$ وهم جرا

واذا ثبتنا في نقطة $آ$ التي هي نهاية خيط غير قابل للامتداد وشددنا هذا الخيط على حسب اتجاه $آو$ وعلى حسب المحيط المفروض بنقط $و$ و $و$ و $و$ الخ التي هي مركز انحناء $آز$ ثم قربنا نقطة $آ$ بشدة الخيط المذكور من غير ان يتجاوز طول $وآو$ وهم جرافان جزء الخيط وهو $آو$ يرسم قوس دائرة صغيرة مثل $آآ$ يكون تمامه على منحنى $آز$ حيث ان مركزه هو مركز الانحناء وهو $و$ من خط $آز$ واوله من نقطة $آ$

فاذا وصل هذا الخيط الى نقطة $آ$ صار مشدودا شدتاً مستقيماً من $آ$ الى $و$ واذا قمنا نقطة $آ$ لتزمن $آ$ الى $آ$ فان الخيط المشدود شدتاً مستقيماً من $و$ يرسم قوس دائرة مثل $آآ$ يكون مركزه نقطة $و$ فاذا مررت ايضا نقطة مثل $آ$ من $آ$ الى $آ$ فانها ترسم قوس $آآ$ يكون مركزه في نقطة $و$ وهكذا

فعلى ذلك اذا عرفنا جلة تقط شديدة القرب من بعضها كنقط $و$ و $و$ و $و$ الخ التي هي مراكز انحناء خط $آز$ فانه يمكن ان نرمس بالمسبولة منحنى $آز$

بواسطة خيط قابل للانثناء وليس قابلاً للامتداد وتزداد هذه القاعدة صحة وضبطاً كلما قربت أبعاد المراكز وهي و و و و و الخ من بعضها وتكون على أتم الوجوه إذا تعاقبت هذه النقاط بدون فاصل وكانت على صورة خط منحنٍ مستمر

نم ان الطريقة التي ذكرناها وان كانت قاعدة تقريرية الا ان رسم منحنى ا ز
بها اصح وادوم اتصلا بما اذ بد لنا هذا المنحنى بمضلع مصنوع باو تا و ذلك المنحنى
او عماساته وبواسطة هذا الرسم الجديد تكون جميع اقواس الدائرة التي اقيمت محل
منحنى ا ز متوافقة في الطول ولا يوجد في هذه الصورة زوايا كفاي رؤوس
الاشكال المضاعفة ولا اضلاع مستقيمة تقوم مقام بعض الاجزاء المنحنية

فمن ثم ينبغي أن نستعمل الطريقة الجديدة في تحصيل شكل الخصيات التقريبية التي كلما كان اتصال الانحناء ضروريا جادا تعذر رسمها مع غاية الدقة والضغط

وقد سبق لنا ان خيط او و الخ يشذب حين ترسم نقطة ا التي هي نهاية
خط از المنحنى فاذا اخترنا منحنى و ح خ ... س الذي تقطعه
النقطة الميمنة من مبداء الامر على هذا الخيط رأينا س وم يساوى
الطول الكلى لجزء الخيط المنحنى من مبداء الامر على حسب و و و و و و
ويطلق خط الانتشار على كل خط منحن مثل و ح خ س الذى به ينتشر
منحن آخر مثل و و و و و و بحيث يكون طوله مساويا لنصف قطر
المخاض و و و و و و ح و ح و الى س وم من منحنى
و ح خ س

نہ ان خطوط الاشارہ سے عمل کثیر فی القنوں لاسیما خط انتشار الدائرة
(شکل ۵) فان ارباب المیکانیکہ یستعملونه فی قطع اضراس آلاتهم علی
وجه مناسب

ولنفرض أن مدق \overline{AB} (شكل ٢٥٦ و ٢٥٧) يكون موضوعاً في مجرى بحيث يكون في صعوده ونزوله على خط قائم محدّد والمطلوب هنا بيان كيفية

رفعه وتنزيهه فنقول

لاجل ذلك نضع عمودا اسطوانيا اقياما مثل ب ح يمس على وجه النحاس مبيتة بارزة مثل د ه اعطها على صورة خط مستقيم متصل بمرکز العمود عند نزول المدق الى نقطته السفلى (شكل ٦)

ونعين على محيط العمود قوس و ح خ ز من خط الانتشار لمحيط و و و و للدارة المستعملة قاعدة للعمود

فاذا دار هذا العمود فان نقطة و تصل من مبداء الامر الى الوضع الذي كانت تشغله نقطة و وفي هذه الصورة يكون تماس و ح من الدائرة قائما (شكل ٧) فاذن ينبغي ان مبيتة د ه التي تجذب معها المدق ترتفع ارتفاعا مساويا لارتفاع و ح فاذا استمر العمود على دورانه فان نقطة و تصل لموضع و الاصلى وحينئذ ترتفع المبيتة والمدق ارتفاعا يساوي و ح وبالجملة فباستمرار العمود على الدوران تصل نقطة و للموضع الاصلى من نقطة و (شكل ٨) ويصير و ر قائما فاذا انعدم ما يحجز المبيتة انقطع دفعها للمدق عن السقوط لثقله فتقطع حركته حتى ينتهي دوران العجلة ثم ترفع المدق ثانيا

وفائدة هذه الحركة كونها تحصل بدون اضطراب وتستمر على قوتها كما سيأتى في الميكانيكة وقد علمنا في الدرس الثالث عشر على المنحنى المسمى بالقطع الناقص الذي له مدخلية كبيرة في العمليات وحيث ان هذا المنحنى وهو

ا ب ث (شكل ٩) متماثل المحورين فان خط انتشاره وهو د ه ف يكون ايضا متماثلا بالنسبة للمحورين المذكورين ثم ان اكبر انحناء القطع الناقص يكون في نهاية محوره الاكبر واصغر انحناءه يكون في نهاية محوره الاصغر

واذا اردنا رسم قطع ناقص كبير (شكل ٩) يكون ممتنا ومتواصلا ما يمكن ان نرسم الخط المنتشر وهو د ه ونرسم ايضا ا ب ث بواسطة خيط ايا ما كان او بنساقول ينثنى تارة على حسب د ه وتارة على حسب

هـ ف

ومن المهم ان نذكر لك انه ولورسمنا مع منتشر د هـ ف شكلا مضلعاى
 عدة خطوط ينشأ عنها عدة زوايا فان معنى ا ب ث لا يرى فى سائر
 جهاته جزء مستقيم ولا زاوية وانما يكون له شعبتان لا يوجدان فى خط
د هـ ف ويكون للمخنى الذى خط انتشاره ا ب ث اتصال اكبر من
 المخنى المذكور لان انصاف اقطار انحنائه تزيد وتقص على التسديد
 ولولا تعاقب انصاف اقطار مخنى ا ب ث بدون اتصال كما فى رسم المخنى
 المسحى باذن القفة راجع الدرس الرابع (شكل ٣٦)
 فمن هنا تعلم ان الاتصال على انواع مختلفة لا بأس بإيرادها هنا فتقول

اولا يمكن رسم خط منحنى (شكل ١٠) بواسطة عدة نقط منفردة قريبة من
 بعضها جدا كالخطوط المنقطعة التى نستعمل فى الرسم وكالاتجاهات المعينة
 بصفوف اشجار مفروسة على ابعاد مختلفة الطول بموجب الخطوط المستقيمة
 او المنحنية التى يتصورها الانسان مع السهولة اذا كان لهذه الخطوط المنحنية نوع
 اتصال غير ان الاتصال هنا يدل عليه عدة نقط كما يرمز اليه بالارقام فى الجداول
 التى يعرف بها وضع جملة نقط خط منحنى ومثال ذلك رسم قارين السفن
 ثانيا يمكن ان نرسم خطا منحنيا بواسطة عدة خطوط مستقيمة تكون او تارة
 لهذا المخنى مثل ا ا و ا ا و ا ا الخ (شكل ١١) او خطوطا
 خماسية مثل ا ا ا الخ (شكل ١٢) وفى هذه الصورة الثانية يكون
 فى تعاقب النقط اتصال لا يوجد فى الاتجاه بحيث يتغير الاتجاه فى كل
 رأس مثل ا و ا و ا من الشكل المضلع تغيرا غير محسوس

ثالثا يمكن ان نبدل الخط المخنى بعدة اقواس دوائر كما قواس ا ا و ا ا و ا ا
 (شكل ٤) التى نصف قطر انحنائها يكون تقريبا عين نصف قطر الخط الذى
 ابدل تلك الاقواس وفى هذه الصورة يكون فى تعاقب النقط وفى اتجاهها
 اتصال فاذا كانت الاقواس صغيرة جدا كان الاتصال فى اتجاه الخط المخنى
 وفى انحنائه وعلى هذا الوجه يرسم المعمار جبهة الصورة الجانبية من القبوات

المنكسة كما تقدم وكذلك مهندسو القناطر والجسور في رسمهم لعيون القناطر الغير المستديرة

ثم ان الفنون بحسب اهمية عملياتها وما يلزم لها من الضبط الذي عليه مدار نجاحها لا بد فيها من استعمال هذا الاتصال على اختلاف درجاته في تركيبها وحر كاتها فعلى نظار العامل والكرخانات ان يختاروا بحسب اللزوم والاقتضاء الطريقة الجامعة لشروط السهولة والاختصار والضبط التام

ولابأس بذكر طريقة ميكانيكية يستعملها مهندسو السفن اذا ارادوا تجسيم اتصال الاتجاه والانحناء من الخطوط التي بواسطتها يتحددون ويعمرون شكل قارب السفن وحاصلها انهم يعينون النقط المنفردة التي يمر بها الخط المنحنى ثم يضعون المسامير من جهتي النقط المذكورة على بعد بحيث يمكن ثني المسطرة الرقيقة ووضعها بين المسامير المزدوجة وبالجهد فينبغي ان ترسم بقلم الرصاص الخط المنحنى المبين بطول المسطرة المثنية بحيث يمر بسائر النقط التي هي ١

و ١ و ١ الخ (شكل ١٣) ولا بد من ممارسة هذه العملية مرارا عديدة قبل اجرائها ليكون رسم انحناء الخط من اوله الى آخره على وجه تدريجي غير محسوس بحيث يرى فيه قدر الاتصال الذي يعين على اضعاف المقاومة التي تحصل للمياه عند مرورها بطول القاربين وقت سير السفينة فعلى مهندس السفن ان يطالعوا الاشكال الهندسية فان لهم فيها فائدة عظيمة توصلهم الى هذا الغرض وتكسبهم اصابة الراى وسرعة التمييز

ولا يلين الا ان تستعمل طريقة رسم الصور الكبيرة في رسم الصور الصغيرة المنقولة على الورق بل تبدلت المساطر الكبيرة المتخذة من الخشب بمساطر صغيرة متخذة من رياش القيطس منها ما يكون سمكه واحدا ويستعمل في رسم الخطوط المنحنية التي انحناءها لا يتغير الا بمقدار قليل ومنها ما هو مرقق شيا فئسياً في احد طرفيه او الطرفين جميعا ويستعمل في رسم اجزاء الخط المنحنى الذي يتقوس انحناءه كذلك شيا فئسياً من طرف الى آخر ثم تثنى هذه المساطر بحيث يمر محيطها بالنقط المعينة على المستوى لما انها نقط المنحنى المطلوب الذي يرسم بقلم

رصاص يسند على البسطة المنتهية على شكل خط مضن ولا جل سهولة
الرسم على الورق ابدلوا ايضا ماسا يرسم الصور الكبيرة الشبيهة بالصور التي
يرسمها مهندسو السفن في عنابر الجبريات وهي محيط القاردين المنتصب بقطع
رصاص مصنوعة على شكل المثلث ومستورة بالورق والقماش كقطع ح

و ح و خ الخ (شكل ١٤)

ويستعمل غالباً الرسامون في رسم خطوط منحنية تمر بقط معلومة آلة يسمونها
طبخة لاتنها على شكلها الرموز له بهذه الاحرف وهي ا ب ش د ه
(شكل ١٥) ولما كانت هذه الآلة متنوعة الانحناء امكن ان نضعها
في اغلب الصور بحيث ترسم بالتدريج شكلا مجردا عن الزوايا يكون انحناءه
متوايلا بدون ان يكون فيه خروج

والى الان لم تسكلم الاعلى انحناء الخطوط المرسومة في مستو واحد كالخطوط
التي تسمى بذات الانحناء المقرد ولكن هنالك خطوط لا يمكن رسمها على مستو
واحد لازدواج انحناءها كالخطوط الحلزونية المرسومة على الاسطوانات
والمناريط ونحو ذلك ولتسكلم عليها نقول

اذا اراد رسم الخطوط ذات الانحناء المزدوج كذات الانحناء المقرد فلا مانع
ان نأخذ اتماما للنقط المتتالية بدون فاصل التي تتركب منها الخطوط المذكورة
ثلاثا ثلاثا ثم نزيد دائرة من كل ثلاث نقط تكون هذه الدائرة هي دائرة المنحنى
المماسية التقريبية لساير امتداد المسافة الصغيرة المنحصرة بين النقط الثلاثة واذا
اطلق السطح المماس التقريبي فالمراد به سطح الدائرة المماسية التقريبية ولا يمكن
ان تكون دائرة اخرى اقرب من ذلك الى المنحنى المزدوج الانحناء وذلك من مبدء
المسافة المعتبرة * وبواسطة طريقة المستويات والدوائر المماسية التقريبية
يمكن لارباب الفنون ان يرسموا باجتماع عدة اقواس دائرة متعادلة على
وجه التماس ساير الخطوط المزدوجة الانحناء ويكون هذا الرسم على وجه
التقريب والاتصال التام

وهناك ملحوظات لطيفة جيدة في شأن انحناء الخطوط السابقة غير اننا ليست

من المبادئ وأساولاً لا تكسر مدخليتها في عمليات الصناعة العادية فلا وجه
لإيرادها

وأما انحناء السطوح فهو بعكس ذلك اعني انه متواتر جداً لا يستغنى عنه
في عمليات الصناعة

* (بيان انحناء الكرة) *

الكرة هي سطح يسهل قياس انحنائه وبيانها * وذلك بان نأخذ على الكرة نقطة ما
كنقطة أ (شكل ١٦) ونعتمد من نقطة و المعتبرة مركزاً نصف قطر
أ و فيكون نصف القطر المذكور قياس الانحناء في نقطة أ لسائر
القطاعات الحادثة في الكرة عن مستوي يشتمل على نصف قطر أ و ويكون
ايضاً قياساً لانحناء الكرة وهو كما ترى انحناء ثابت في سائر جهات السطح وفي جميع
نقطه فمن ثم ينتج ان كل نصف قطر كرة يكون نصف قطر انحنائها ونصف قطر
القطاعات الحادثة عن مستوي يشتمل على نصف القطر المذكور

ونصف قطر انحناء الاسطوانة القائمة المستديرة بالنظر لقاعدتها هو عين نصف
قطر الكرة التي يكتنفها تلك الاسطوانة او تمسها بحسب محيط قاعدتها وأما
بالنظر لضلعاها وهو أ ب (شكل ١٧) فلا انحناء لها اصلاً بحيث
إذا مثل عن طول نصف قطر الدائرة المماسية التقريبية للأسطوانة بالنظر
لضلعاها يجب ان يات غير متناه

ومن هذا القبيل المخروط القائم المستدير فان نصف قطر انحنائه من جهة
قاعدته هو نصف قطر الكرة التي يكتنفها بخلافه من جهة ضلعه فانه
لا انحناء فيه

وبالجملة فبقي الاسطوانات والمخاريط على اختلاف انواعها وكذلك جميع
السطوح المنتشرة ليس لها انحناء من جهة اضلاعها المستقيمة الزوايا بخلاف
جهتها العمودية فلها انحناء متفاوت في الظهور

ويظهر لك من الاسطوانات والمخاريط ان مركز انحناء القطاعات الحادثة بواسطة
نصف قطر أ و من القاعدة (شكل ١٧ و ١٨) يكون في داخل

السطح المنحني فعلى ذلك تكون انصاف اقطار او و او و او و الخ
متجهة في جهة واحدة وموازية لبعضها في امتداد ضلع ا ا ا الخ ب
من السطوح المخروطية والاسطوانية

وليس السطوح المعوجة من هذا القبيل ب مثلا اذا انطرت الى السطح المعوج
من السلم رأيت فيه من جهة تجويف الانحناء الى اسفل ومن اخرى اعنى
الجهة العمودية الى اعلى

ثم ان ما يوجد في حلق طارة البكرة (شكل ١٩) من الانحناء القليل تراه
متجهيا في الجهة العمودية على محور الطارة ويكون مركز ذلك الانحناء موضوعا
على نفس هذا المحور بخلاف ما في الجهة الموازية للمحور فان المركز العظيم
الانحناء من حلق الطارة يكون في نقطة د التي على بعد واحد من نقطتي
م و ح اللتين هما طرف حلق الطارة المذكورة

فن هنا ظهر ان السطوح بالنظر لانحنائها على ثلاثة انواع
ففي النوع الاول يكون اتجاه الانحناء الخطوط التي يمكن رسمها على اى سطح كان
متجهيا في جهة واحدة ويدخل تحت هذا النوع الكرة والمجسمات الناقصة
والسطوح البيضاوية وما شبه ذلك

وليس في النوع الثاني الاجهة واحدة وانحنائها ظاهرا واما الجهة الاخرى فهي
خالية عن الانحناء بالكلية ولا يدخل تحت هذا النوع الا السطوح المنتشرة
والاسطوانية والمخروطية وما شبهها

ويوجد في النوع الثالث جزؤ من الانحناء متجه في جهة والجزء الاخر في الجهة
المقابلة لها بحيث اذا مددنا من نقطة معلومة من السطح خطا عموديا على السطح
المذكور فانه يوجد على الخط العمودي المذکور من احدى جهتي السطح جزء
من مركز انحناء القطاع والجزء الاخر يوجد من الجهة الاخرى

وهذه الانواع المذكورة توجد في ظاهري الجسم البشري على اختلاف شكل
اجزائه فمن النوع الاول اشكال الاطراف البارزة عن البدن كالعقب والرضفة
والركبة والكتف واطراف الاصابع فان لكل منها انحناءين متجهين

في جهة واحدة

واما الفخذ والساق والذراع فمما جاز لا انحناءه في احدى جهاته فهو من

النوع الثاني

ومن المشاهد ان مفاصل الاذرع والاصابع والايام وما اشبهها وكذلك مربوط
الرأس والجسم بالعنق وغير ذلك من قبيل النوع الثالث ذي الانحناءين
المجهين في جهات متقابلة

ثم ان صانعي التماثيل وارباب الرسم يكثرهم واعتيادهم على رسم صور الاجسام
البشرية وملاحظة انحناء اجزائها المختلفة يظهر لهم فيها تفاوت دقيق فبقدر
اجتهادهم في التوفيق بهذا التفاوت تكون صناعتهم مقبولة لدى ارباب المعارف
فاذا سلكوا في ذلك مسلك الضبط والجودة كانت صناعتهم بديعة تروق الناظر
وتعجب الخاطر والافرت منها قوسهم واستبشعوا

وانحناء تلك الاجزاء المختلفة له تعلق وارتباط عظيم بشكل العظام والاعصاب
والعضلات المكسوة بالجلد فيجب حينئذ على الرسام المتبحر في فنه أن يقف على
حقيقة الاشكال التي يريد رسمها مع غاية الاهتمام بحيث يكون رسمه
مبيناً لما استمر من اشكال الاجزاء الداخلية التي يمكن رؤيتها

وفي صناعة بعض المصورين خطا بين وهو كونهم يجعلون بعض اجزاء سطح
الجسم البشري بارزا جدا او منحنيا انحناء شديداً او محدباً بتحدياً مفرطاً لتكون
الاشكال التشرية على غاية من البيان مع انها في الواقع دقيقة لا يدركها النظر
وما ذاك الا تصنع حلهم عليه التأنق والزخرفة ومثل هذا الامر لا يليق بكبار
الاساتيد

ثم ان سطح سيما الانسان لا يخلو عن تغير لطيف منوط بالتأثرات المباشرة
داخلة كانت او وقية فاما الاولى فينشأ عنها في انحناء الاجزاء المتغيرة بل وكذلك
في منظر الاجزاء الثابتة اشكال تبقى زمانا طويلا وتترك دعائرها بدوام البحث
ومزيد التأمل وذلك كهيئات الوجه وسيما واما التأثيرات الوقية فينشأ عنها
في تقاطيع الوجه تغير بين او غير بين فلذا كانت معرفته من اهم الامور في ممارسة

الفنون المستظرفة لكونه على انواع مختلفة يختار منها الاذكياء من ارباب الفراسة الاشكال المضبوطة التي هي بالنسبة لما يركبونه اتم من غيرها لياقعة للاوصاف والاحوال من بشاشة وعبوس وغوص والفكر في الدقائق وسوء الطوية وهناك مجتأ آخر مستحدث يتعلق بشكل رأس الآدمي لا بأس بإبراده فنقول انه زيادة على ما في الفخماى الجمجمة الاصليين من الانتظام يرى في محال من جاجم بعض افراد من بين آدم تفتيات والفخماآت متنوعة بينة وغير بينة وهذه الاجزاء سواء كانت قليلة الاثخاء والتحديب او كثيره تعتبر كأنها علامات خارجية يستدل بها على قوة ادراك الانسان وضعفه وعلى ميله وطبيعته

وقد يسئل على من اطلع على هذا المبحث ان يكسوه ثوب الهزء والاحتقار الا ان الفطن الباحث عن نواميس الطبيعة لا يبادر بالاغراط في الذم والمدح حيث ان هذا المبحث الجديد لا بد أن يسلك الانسان في مطالعته مسلك الجد ولوصح ان الانسان يصدى للبحث عن كل شئ ويبين اسبابه لنشأ عن ذلك تكثير العلامات المفروضة لانواع الميل والقوى العقلية الا انه يكتفي بوجود عدة قليلة من نسب القوى العقلية تكون علامات متباعدة مختلفة عن بعضها قلة وكثرة في شكل الجاجم لتصدر دراسة اختلافات المنحنيات في المباحث التي يشتغل بتحقيقها فكر العاقل

وللأجزاء المتنوعة التي يتألف منها هيكل الحيوانات حجم واشكال مستقيمة او منحنية تجعلها قابلة للتحويل قلة وكثرة وهذا موضوع علم جديد يقال له علم تشريح الحيوانات وهو علم تضبط ان شاء الله تعالى مباحثه ويكون ذلك بمقابلة الابعاد الاصلية من اجزاء هيكل الحيوانات على اقيسة هندسية وكذلك اتجاه الفخما جزء من الهيكل المذكور لاسيما الاجزاء المتلاصقة اعنى المفاصل

وكما ان هذا المبحث الذي نحن بصدده يعين على التقدم في العلم المذكور بوجوده نتائج عظيمة يعود نفعها على اشغال الصناعة ثم ان الحيوانات عند قضاء شهوتها الطبيعية يصدر عنها عمليات على غاية من التمام لاتعلو الفنون والحرف على المتوسط منها فهي تسلك فيها على منوال الوسائط المتنوعة الجمجمة التي اسندتها

الطبيعة الحيوانات الناطقة وغيرها

ثم ان اسنان الحيوانات التي غذاؤها الكلا متظمة غاية الانتظام لاجل مضغ
المواد النباتية وجرشها حتى لنشكل اسنانها ليعتريه اختلال اصلا مع دوام
استعمالها في مضغ غذاؤها بخلاف شكل اججار الطواحين فانه يلحقه الاختلال
في اسرع وقت فن ثم يضطر الانسان الى تجديد هذا الشكل غالباً وذلك بخت
الاججار وتقرها ليحسن الطحن بها ومن هنا يعلم ان نتائج الفنون والصناعة
لاتساوى الآثار الطبيعية ثم ان الخواجه مولارد احد اعضاء جمعية العلماء
بباريس اشتغل بصناعة آلات الجرش والمضغ وجعلها على صورة اضراس
الخيل بحيث لا تحتاج الاضراس المذكورة الى الاصلاح الذي يدونه
لا يكمل الجرش

فاذن تقتضي الصناعة نفسها ان المشرحين والمهندسين والميكانيكيين يجتهدون
في معرفة ابعاد اجزاء الحيوانات المختلفة وانحناء او وظائفها
ولنتقل الآن من الكلام على هذه المحفوظات العامة المتعلقة باهمية مباحث
انحناء السطوح في الصناعة وفي التاريخ الطبيعي اى علم الحيوانات الى الكلام
على الخواص الهندسية التي بها تسهل معرفة اصول هذه الانحناءات وتوسعها
فنقول

يمكن ان نرسم بالنسبة الى سطوح النوع الاول قطعاً ناقصاً واقعاً بالتوازي
على سطحه (شكل ٢٠) في $ا ب ث د$ وهذا القطع الناقص
من مبدئية نقطة $ح$ يكون على صورة جزء من السطح المصنوع بالتوازي
لمستوى $م د$ المماس للسطح المذكور في نقطة $ح$ والجوار لمستوى
 $م ن$ وجبشان $ح و$ هي المسافة بين نقطة $ح$ والمستوى القاطع
وهو $م ن$ فانه اذا مررنا من نقطة $ح$ بجملة دوائر مررها
موضوعة على خط $ح و$ العمودى وكذلك من محيط القطع الناقص
حدثت سائر الدوائر المماسية التقريبية للقطاعات المصنوعة في السطح
بمستويات الدوائر المذكورة

ويمتاز صغر هذه الدوائر برأسي $\overline{ب}$ و $\overline{د}$ من المحور الصغير من القطع الناقص ويمتاز اكبرها برأسي $\overline{ا}$ و $\overline{ث}$ من المحور الكبير من القطع الناقص المذكور ويوجد في (شكل ٢٠) مكررات الدوائر الواقعة على مستوي واحد ما ربحمود $\overline{ح}$ و $\overline{ح}$ الذي في (شكل ٢٠)

فاذن ينتج انه في سطوح النوع الاول التي انحناؤها على اتجاه واحد يكون اتجاه الانحناء الاكبر وهو $\overline{ا ب}$ عموديا على اتجاه الانحناء الاصغر وهو $\overline{ث د}$

فعلى ذلك يكون اتجاه الانحناء الاكبر في جميع السطوح التي انحناؤها في جهة واحدة من كل نقطة عمودا على اتجاه الانحناء الاصغر وحيث ان محيط القطع الناقص منتظم بالنسبة لمحوريه فان الدوائر المماسية التقريبية المارة بالمحيط المذكور ربحمود $\overline{ح}$ و $\overline{ح}$ تكون ايضا متماثلة بالنسبة لمحوري $\overline{ا ث}$ و $\overline{ب د}$ اعني بالنسبة لاتجاهي كل من الانحناء الاكبر والاصغر

فعلى ذلك تكون الانحناءات الغير الاصلية من القطاعات العمودية على السطح وهي الانحناءات الآخذة في التناقص المستمر من الانحناء الاصغر الى الانحناء الاكبر موضوعة بالتماثل بالنظر لاتجاهي الانحناء الاكبر والاصغر وذلك بالانتقال من كل نقطة من نقط السطح المذكور

واما سطوح النوع الثالث فان المستوى الذي يقطعها قطعاً غير متساو بقرب المستوى المماس يحدث عنه قطاع في الشكل هو عين القطع الزائد ويحدث ايضا عن اتجاه محوري القطع الزائد المذكور اتجاه محوري الانحناء الاكبر والاصغر فتكون الانحناءات الغير الاصلية موضوعة بالتماثل بالنسبة لاتجاه المحورين المذكورين وشكل ٢١ يدل على القطاعين المصنوعين في ثقب

البكرة التي انحناؤها متجهان في جهتين مختلفتين بمستويين موضوعين على القرب من مستوى $\overline{م ن}$ المماس في نقطة $\overline{ح}$ للثقب المذكور ويكون شكل القطاعين المذكورين كشكل قطعين زائدين مبنيين ولا بأس

ان يكون هذا الشكل محذبا

ويمكن اعتبار سطوح النوع الثاني كأنها حذمتان بين النوعين الآخرين
وحينئذ يثبت لها الخواص الموجودة في السطوح الاخر بمعنى ان انحناءاتها
سواء كانت كثيرة الانحناء او قليلة تكون عمودية على بعضها في جميع الانحناءات
المتوسطة المنتظمة على وجه التماثل بالنسبة للانحناءات الاصلية

وقد اطلقنا قريبا لفظة ميين على الخطوط المنحنية التي من خاصيتها تبين
حقيقة انحناء السطوح وتناوبها وذكرا طرق استعمالها في معرفة الخواص
اللازمة لانحناء السطوح

ولنفرض الآن انه كلما اتقل الانسان من اول نقطة من نقط اي سطح كان تقدم
على حسب اتجاه الانحناء الاكبر وبذلك يرسم خطا فتكون جميع الخطوط
المرسومة بهذا الوجه سائرة للسطح بتمامه ويحدث عنها مجموع خطوط الانحناء
الاكبر

ويقال في عكس ذلك انه كلما اتقل من نقطة مفروضة من نقط اي سطح كان
تقدم على حسب اتجاه الانحناء الاصغر وبذلك يرسم خطا ثانيا فتكون الخطوط
المرسومة بهذه الكيفية سائرة للسطح بتمامه ويحدث عنها مجموع خطوط الانحناء
الاصغر

فينتج من ذلك ان خطوط الانحناء الاكبر عمودية على خطوط الانحناء
الاصغر

ولخطوط الانحناء خاصية نافعة جدا في الفنون نذكرها لك بدون برهنة فنقول
انه اذا مددنا من كل نقطة من نقط خط الانحناء عمودا على السطح فانه يحدث
عن هذه الاعمدة سطح يكون بالضرورة منشرا

وفي اسطوانة (شكل ٢٢) تكون الخطوط الصغيرة الانحناء اضلاعاً قائمة
لانحناءها واما الخطوط الكبيرة الانحناء فهي القطاعات المصنوعة بمستويات
عمودية على المحور وتكون محيطات هذه القطاعات بالضرورة عمودية على ضلع
من اضلاعها فاذا ن تكون خطوط الانحناء الاكبر والاصغر في الاسطوانة على

شكل زاوية قائمة

وفي المخروط (شكل ٢٣) الذي اضلاعه عين خطوط الانحناء الاصغر
تتصل خطوط انحنائه الاكبر بهذه الكيفية وهي ان تضع طرف البيكار على
رأس المخروط ثم ترسم في الطرف الاخر منه منحنيات متنوعة بقدر انقراجات
البيكار المختلفة بشرط أن تكون عمودية على الاضلاع لانه عند انتشار المخروط
تصير هذه المنحنيات دوائر تكون اضلاعها انصاف اقطار

وفي سطوح الدوران تكون دوائر انصاف النهار خطوط احد الانحنائيين
وتكون المتوازيات خطوط الانحناء الاخر ومن انقتران دوائر انصاف النهار
في جميع اتجاهها عمودية على المتوازيات السابقة

وقد اباد المعلم منج الشمير في تطبيق الخواص التي سبق سردها على عملية
قطع الاجار حيث قال اذا اريد نحت قنات منحنية الشكل فان تلك
القنوات تقسم بالتناسب الى منازل صغيرة جدا بحيث يمكن اخراج كل منزل
منها من حجر واحد

وبعد عمل جزء الجمر الدال على المنزل الاول ونشكله بالشكل الذي يناسب سطح
القبة تعمل الواجهة المسماة بالاتحامات التي على حدها تلتصق اجزاء العقد
بعضها ويوجب لاجل استيفاء الشروط اللازمة لذلك امر ان احدهما أن يكون
شكل اوجه الالتحام بسيطاً تحكم الصناعة والثاني أن يكون مجموعها في غاية
من الصلابة لان هذا الامر الثاني يقتضي ان اوجه الالتحام تكون عمودية على
منحني القبة وكيفية ذلك سهلة وهي انه اذا حدثت زاوية منفرجة عن وجه
التحام حجر العقد مع القبة المذكورة فان حجر العقد المجاور لهذا الحجر يحدث عنه
مع القبة المذكورة زاوية حادة ويجب الضغط يهدم حجر العقد المنتهي بضلع
منفرج حجر العقد المنتهي بضلع حاد ويقتضيه اذا كان الضغط قويا او يقلقه
ويكسره اذا كان الضغط خفيفا ولجل السهولة والاختصار في ذلك ينبغي عمل
الاتحامات مستوية او منتشرة فاذا اختير هذا الشكل امكن أن نصنع من
الورق او المقوى او نحوذ ذلك من الاجسام المقابلة للثني والانعطاف فر خامس تويا

له محيط مضبوط بلايم وجه الالتصام ويكنى تنيه على وجه لائق لينظر هل ينطبق في سائر اجزائه على وجه الالتصام الذي يكون عوديا على القبوة بواسطة المسطرة المثبتة ام لا

وحيث ان الامر ين السابقي يستلزمان ايجاد سطوح منتشرة عمودية على القبوة وعلى بعضها ايضا يستلزمان كذلك أن نجعل خطوط الانحناء سطح القبوة هي خطوط التمام

ففي ذلك اذا رسمنا سطوحا سطوانية (شكل ٢٤) فالتا نتخب التماماتها فننتخب في الاتجاه الاول الاضلاع المتوازية التي على بعد واحد من بعضها وهي خطوط الانحناء الاصغر وننتخب في الاتجاه الثاني الخطوط المنحنية العمودية على هذه الاضلاع وهي خطوط الانحناء الاكبر ثم ان سطوح الالتصام الماددة عن الخطوط العمودية من السطح بموجب الاضلاع او المنحنيات المذكورة هي سطوح مستوية تقاطع في زاوية قائمة وبذلك يكون شغل قطاع الاجار سهلا بقدر الامكان

واذا صنعنا سطوحا مخروطية (شكل ٢٥) كالأبواب والشبابيك الواسعة وطاقت المدفع المقبية مثل طاقت الحفر الارضية وغير ذلك فانا نجعل خطوط التمامها اضلاع المخروط والمنحنيات العمودية على هذه الاضلاع

واذا اريد صناعة قبوة على شكل سطح دوران (شكل ٢٦) كقبه مثلا فلننظر على القبوة المذكورة طبقات منتظمة مركبة من دوائر عمودية ومن متوازيات فيحدث عن الخطوط العمودية على القبوة بموجب اتجاه دائرة عمودية مستويات وهذه المستويات هي خطوط الالتصامات المنتصبة لاجار العقد ويحدث عن الخطوط العمودية على القبوة بموجب اتجاه الخطوط المتوازية اشكال مخروطية وهي التمامات الجهة الاقبية وتكون تلك الالتصامات منتشرة لانها مقابلة لخطوط الانحناء وبالجملة فالالتصامات المخروطية تكون مقطوعة في زاوية قائمة بالالتصامات المستوية التي هي مستويات دوائر عمودية بالنظر للمضارب

والى هنا تم ما اورده للمؤلف من التطبيق السهل المفيد اصيلا وفرعا
فلاشك انه جدير بأن يستفاد منه اهمية بحيث انحصاء السطوح وخواصها
الاصلية فى الفنون والصنائع ومدخلية فيها وكذلك الفنون المستخرجة فله
فيها مدخلية عظيمة تعود عليها بالنفع

وذلك انه يتنوع الضوء والظلال نعرف بمجرد النظر النقط البارزة او المضيئة
وكذلك الاضلاع الميمنة والمحيطات الظاهرية التى تخص صور الاجسام
بخواصها وتستعين فى الاجزاء التى ليس فيها نقطة متميزة ولا خط كذلك بانكار
الظل والضوء يئنه كانت او غير يئنه على تمييز صور الاجسام وجنسها ودرجته
انحنائها فى كل جزء من اجزاء سطحها

وليس منفعة هذا البحث مقصورة على ارباب الحرف بل نعم ايضا اهل الصنائع
على اختلافها حيث يكسبون منه معارف سهلة مضبوطة كاملة فى شأن
حقيقة شكل الاجسام التى يعنون بها حاجتهم او مجرد التزاهة

ولنين كيفية الوقوف على انحناء السطوح بالمشاهدة فنقول
نفرض ان كرة **ا ب ث** مضيئة باشعة شمسية على اى اتجاه كان ولنبدأ
برسم خط اتصال الظل من الضوء وهو **ل ل ل** بمقتضى القواعد
المذكورة فى درس (١٤) ونبين الجزء الذى فى الظل بخطوط سود فيكون
الجزء المضيئ هو **ل ل ل ب ث** لا غير (شكل ٢٧) فعلى ذلك
نظهر لنا القمر فى تشكيلاته المختلفة من اول استهلاله كافي (شكل ٢٩)
الى التربع الاول كافي (شكل ٢٨) الذى يظهر فيه نصفه منير والنصف الآخر
مظلما ثم يصير على الهيئة التى فى (شكل ٢٧) قبل أن يتكامل نوره ويصير
قرا كما لا وفى ذهابه يكون مكسوبا بحيث لا يرى الراسد له نورا فاذا لم نعتبر
الاجزاء المنيرة وهو **ل ل ل ب** فلا مريع لنسبته لالكرة دون السطح
المعتد او المخرطح فى جهة الشعاع النظرى وهالك الكيفية التى يعرف بها مقدار
هذا التفاصل

وحاصلها ان السطح المعتبر كانه مرآة منيرة يوجد فيه نقطة وهى نقطة و

كافي (شكل ١٧) يرى الراصد منها صورة الشمس او الجسم المضي وهذه النقطة هي التي ينعكس فيها الضوء العظيم بالسطح ولذا سميت بالنقطة المنيرة فيلزم اذن تحديد وضعها ويسهل ذلك ان امكن مد خط عمودي في نقطة و على سطح الجسم فحينئذ يكون اولاً كل من الشعاعين العارض والمنعكس في مستوا واحد كالعمود المذكور وثانياً يحدث عن تلاقحهما مع هذا العمود زاوية واحدة وبموجب هذين الامرين تفيدنا الهندسة الوصفية طريقة ايجاد النقطة المنيرة من سائر السطوح المتنوعة بالنسبة لموضع معلوم للنظر واتجاه متحد للاشعة فكما اتصلت هذه الاشعة بالسطح وكان اتصالها به على شكل زاوية كثيرة الانحراف وكانت في انعكاسها كذلك كثر تشتيت النور واخذ في التناقص واما السطح قليل النور

ومن المعلوم انه يمكن أن نرسم حول نقطة و جملة خطوط يظهر فوق محيطها للراصد ان النور المنتشر فوق الجسم واحد وهذه الخطوط تسمى بالخطوط المتساوية اللون فاذا رسمت يكفي ان نلقون ابعدة اللون قوية او ضعيفة على حسب درجة الضوء المقابل لكل خط فحينئذ يلون مع الضبط تمام النور المتناقص بالتدريج فوق جزء السطح المنير

ويعرف بشكل هذه الخطوط ووضعها حقيقة انحناء سطحها ونوعه ولها علامة سهلة يعرف بها الاسطوانات والمخاريط وجميع السطوح المنتشرة وعلامة اخرى يعرف بها الكرة وسطوح الدوران والسطوح الحلقية وعلامة ثالثة يعرف بها السطوح المازونية والسطوح المعوجة وما اشبه ذلك

ثم ان تلك الخطوط التي ذكرناها وان كانت غير مشاهدة في الاجسام لاسيما والوانها التي خصصتها لها القدرة الالهية تتناقص تناقصاً متوالياً على وجه غير محسوس ولا متناه الا ان النظرة تعود على تمييز هذه الاشكال التي اختلاف تشكلاها في الظل والضوء انما هو من اختلاف انواع السطوح

ومع ذلك فيشاهد في هذا المعنى تفاوت عظيم في المهارة التي اكتسبها الناس على اختلاف درجاتهم بحسب ما عودتهم عليه صنائعهم من اعتبار بعض سطوح

متنوعة الا ترى النحاس والسكركى وصانع الكايل فانهم يعرفون مع غاية
السهولة هل سطوحهم اوجز آؤها اسطوانية او مخروطية او منتشرة او ينحني
ذلك اولا بخلاف غيرها فهارتهم فيه دون ذلك

وكذلك خزاطو الاخشاب والمعادن وصانعو النجار والقر فوري وغيرهم
عنى يصنع دأتما سطوح الدوران فانهم يعرفون من اوله وهله بدون من هل
سطوحهم اوجز منها من سطح الدوران اولا وهل بعض اجزاها ممتد او مغزط
بخلاف غيرها من الاشكال فهم فيه اقل مهارة

وكذلك المعمار جية فانهم يعرفون على ما ينبى اشكال الاسطوانات والنخاريط
المماثلة لاسطوانات قبوات العمارات ونخاريطها ويعرفون ايضا سطوح
الدوران المشابهة لسطوح القبوات والاعمدة بخلاف غيرها من السطوح
الاجنبية عن اشغالهم فليس لهم بها معرفة على ما ينبى

فن المهم ان تعود الامة بتمامها على ان تعرف بمجرد النظر حقيقة نوع السطوح
وكيفية صناعتها مطلقا سواء بلغت درجة الكمال ام لا لما ان ذلك وسيلة سريعة
في تقدم الصناعة والفنون المستخرقة ونسب الكلام على ذلك بملاحظات
ومباحث ومفسر ح ذلك تفصيلا عند الكلام على الموهونات والمباحث التى
بها اتسع دأثرة الادراة لثويعين على ادارة اشغالنا (راجع الجلد الثالث فى الكلام
على القوى المتحركة)

وينبى للنفاين ان يعودوا على ان يميزوا بجزءه النظر فى كل جزء من السطح الذى
يريدون نقشه هل انحناءه على اتجاه واحد او مختلفان وأن يميزوا ايضا اتجاه
الانحناء الاكبر من اتجاه الانحناء الاصغر وأن يبينوا على السطوح استقامات
الانحناء الاكبر والانحناء الاصغر لتيسر لهم العلامة العامة الدالة على
السطوح التى يقرضونها او يتقلون صورتها فبدلك تكون اشغالهم صحيحة
مضبوطة

وينبى كذلك للمصور الذى يرسم بواسطة الالوان مجسمات ذات ثلاثة ابعاد على
سطوح ليس لها الابعاد ان يقف على حقيقة وضع المقدار اللازم من الالوان

أكل سطح كي تبسره أن يرسم مثل تلك الصورة بواسطة قلم البورية
وبالجملة فينبغي لكل من الحسكالك والراسام أن يبذل جهده في مطالعة هذه
المباحث لتكون مناعته على أم الوجوه واكل الاحوال

تم تعريب الجزء الاول من كتاب كشف رموز السر المصون في تطبيق الهندسة
على الفنون على يد معتر به التقير الى الله تعالى المنان عيسى افندي زهران *
وكانت مقابلته على اصله * وتعميم صعبه وسهله * وافراغ عباراته في هذا القالب *
سهل المأخذ للطلاب * بمعرفة التقير الى مولاه القوى * محمد حجة العدوي *
بعد اطلاع صاحب العلوم الرياضية * المتبحر في الفنون الهندسية * حفصة
بيوى افندي رئيس قلم هندسة فهو العارف باصطلاحاته * الجبير برموزه
واشاراته * وباتفاق ذى الفهم الثاقب * والرأى الصائب * حضرة رفاعة
افندي * حفظه المعيد المبدى * ان كان المرجع اليه في حل مشكلاته *
والعول عليه في فله عضلاته * جعله الله خالص الوجهه الكريم * ونفع به النفع
العظيم * ويسر على احسن الاحوال تمامه * وكما احسن يده بحسن ختامه *
وكان تمام طبعه * وبذوقه ثمره * بذار الطباعة العامرة * الكاشفة في بولاق
مصر القاهرة * لازالت هي والمدارس المصرية * والاشغال الهندسية *
راقية مرافق الفلاح * صاعدة الى اوج النفع والنجاح * بهمة رب المعارف
الفائقة في جميع العلوم * والافهام الرائقة في المنطوق والمفهوم * حضرة
ميرالوا ادهم بك مدير ديوان المدارس * لا برحت بانفسه مطالعا لشموس
النفايس * ووافق ذلك الخامس والعشرين من شهر جمادى الاولى (سنة ١٢٦١هـ)

ستين ومائتين بعد الالف * من هجرة من خلقه الله على اكل

وصف * صلى الله عليه وسلم * وشرف

وكرم وعظم

تم

